



**Zonificación de los sistemas productivos y áreas para restauración o en conflicto
para la implementación de modelos de producción sostenible en la cuenca del
Ríoseco y otros directos al Magdalena.**

Nelson David Sotelo Suarez

Código: 11792113876

Universidad Antonio Nariño

Programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2022

Identificación de Zonas con Sistemas Productivos y Áreas para Restauración o en Conflicto para la Implementación de Modelos de Producción Sostenible en la cuenca del Ríoseco y otros directos al Magdalena.

Nelson David Sotelo Suarez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director (a):

Andrés Felipe Carvajal Vanegas. Dr.

Codirector (a):

Línea de Investigación:

Análisis de procesos de cambio global.

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2022

Contenido

Pág.

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 EROSIÓN DE SUELOS	7
2.2 CONFLICTO DE USO DEL SUELO	8
2.3 MODELOS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE	8
2.3.1 Agricultura de Conservación	10
2.3.2 Ganadería de Conservación	12
2.3.3 Técnicas de Adaptación al Entorno	14
2.3.4 Agricultura Orgánica	15
3. OBJETIVOS	16
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1 LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA.....	17
4.1.1 Clima de la Cuenca.....	20
4.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	22
4.3 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS	23
4.3.1 Áreas de Producción Agropecuaria	23
4.3.2 Áreas de Conservación y Restauración	25
4.3.3 Áreas En Conflicto De Uso	27
4.4 DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS DE ANÁLISIS.....	28
4.4.1 Áreas de Producción Agropecuaria	28
4.4.2 Áreas de Conservación y Restauración	29
4.4.3 Áreas con Conflicto de Uso.....	30
4.5 PROCESOS DE ZONIFICACIÓN	31
4.5.1 Zonificación 1: Áreas con sistemas productivos agropecuarios y áreas con conflicto de uso.....	31
4.5.2 Zonificación 2: Áreas con sistemas productivos y conflicto de uso con áreas de conservación y restauración.....	32
4.6 DETERMINACIÓN DE ADAPTABILIDAD DE LOS MODELOS	34
4.6.1 Clasificación Ambiental de Caldas – Lang	34
4.6.2 Modelos de producción sostenible	36

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
5.1 ADAPTACIÓN DE LOS MODELOS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN	43
5.1.1 Zonificación Climática Caldas Lang en la cuenca del Río seco.....	43
5.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y ÁREAS	
CONFLICTO DE USO EN LA CUENCA RÍO SECO	46
5.3 ZONIFICACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROPECUARIOS	
CON ALGUNA CONFLICTO DE USO EN ÁREAS PARA RESTAURACIÓN O	
PROTECCIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO SECO	52
5.4 DEFINICIÓN DE MODELOS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA	
CUENCA DEL RÍO SECO	57
6. CONCLUSIONES	60
7. BIBLIOGRAFÍA	62

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Unidades hidrográficas de nivel I de la subzona hidrográfica del Río seco y otros directos al Magdalena.....	17
Tabla 2 Descripción de capas y atributos del Mapa de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental	24
Tabla 3 Descripción de las capas y atributos del mapa de Zonificación Ambiental POMCA Río seco y otros Directos al Magdalena	26
Tabla 4 Descripción de capas y atributos del mapa de Conflicto de uso de suelo del IGAC, 2013.....	28
Tabla 5 Categoría de las áreas con sistemas productivos, Mapa Oferta Ambiental IGAC	29
Tabla 6 Categorías de las áreas de conservación y restauración a partir del mapa de Zonificación Ambiental POMCA Río seco	30
Tabla 7 Categorías de las áreas con conflicto de uso.....	31
Tabla 8 Zonificación 1: Áreas de producción agropecuaria y áreas con conflicto de uso	32
Tabla 9 Zonificación 2: Áreas con sistemas productivos y algún conflicto de uso con áreas de conservación y restauración	33
Tabla 10 Clasificación Climática de Caldas	35
Tabla 11 Factor de Lang	35
Tabla 12 Especies de árboles más usados en sistemas agroforestales o silvopastoriles ...	37

Tabla 13 Especies de Abonos Verdes más utilizadas	38
Tabla 14 Sistemas de Producción Sostenible según categoría de Zonificación 2 y asignación de código de modelo productivo sostenible.....	40
Tabla 15 Área correspondiente a la clasificación Caldas Lang y el porcentaje en la cuenca	44
Tabla 16 Tipos de cultivo presentes en la cuenca y su área con respecto al total.....	46
Tabla 17 Tipo de conflicto de uso del suelo presente en la cuenca y su porcentaje de ocupación en área.....	48
Tabla 18 Categoría de zonificación 1 y su porcentaje de área con relación al total de la cuenca	50
Tabla 19 Distribución del porcentaje de área de las categorías resultado de la zonificación2.....	55
Tabla 20 Asignación de códigos de modelos de producción sostenible complementarios a la actividad productiva según zonificación 2.....	57

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa Localización General de la cuenca hidrográfica de Ríoseco y otros directos al Magdalena	19
Figura 2 Distribución de la precipitación en la cuenca Ríoseco y otros directos al Magdalena por unidades hidrográficas	21
Figura 3 Zonificación climática Caldas Lang en la cuenca del Ríoseco y otros directos al Magdalena.....	45
Figura 4 Mapa de zonificación de cultivos transitorios, permanentes y áreas de conservación.	47
Figura 5 Mapa de conflicto de uso por sobreutilización, subutilización, sin conflicto, conflicto en cuerpos de agua y otras areas.....	49
Figura 6 Zonificación 1 Sistemas productivos agropecuarios caracterizados con algún conflicto de uso en la cuenca del Ríoseco y otros directos al Magdalena	51
Figura 7 Zonificación 2 Sistemas productivos agropecuarios con algún tipo de conflicto de uso en áreas para conservación, restauración o producción.....	54

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la producción de alimentos agropecuarios siempre ha sido un renglón importante de desarrollo al interior de las instituciones y de los países, poder garantizar la seguridad y soberanía alimentaria en el marco del cumplimiento de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS los cuales apuntan a disminuir los niveles de desnutrición de la población. En el año 2015 la comunidad global logró reducir a la mitad el número de personas con desnutrición en el marco de la declaración de Roma de 1996 (FAO, 1996), sin embargo en Colombia solo se logró reducir el 12%, siendo significativo que 54 de cada 100 hogares se encontraban con inseguridad alimentaria (DNP, 2018)

El aumento de la demanda de alimentos ha venido creciendo en el mundo gracias a diferentes escenarios como el aumento de la población y el desarrollo económico principalmente, generando una mayor presión de la demanda de alimentos y recursos naturales, razón por la cual las instituciones promueven el desarrollo productivo y económico considerando el uso de los recursos económicos de forma más eficiente, uso de los recursos naturales más sostenible, un crecimiento y desarrollo adaptado al clima y al crecimiento inclusivo (CIAT, 2018).

En Colombia el 38,6% del suelo está destinado a desarrollar actividades agropecuarias, donde Cundinamarca cuenta con el 50% en uso, siendo una buena proporción del territorio destinado a la producción agropecuaria, sin embargo la producción agropecuaria no tiene tecnificación, el 83.6% de las Unidades Productoras Agropecuarias UPAs no tiene tecnología agrícola (maquinaria, equipos, etc.), 66.7% no tiene sistemas de riego, 83.5% de

las UPAs no tiene prestación del servicio de asistencia técnica, 89.3% no solicitó crédito y 68.4% de las UPAs no hizo prácticas de fertilización, 33.5% no tiene acceso al agua para actividades agropecuarias, por otro lado el 82% de las UPAs manifiestan que conservan el entorno natural y 31,1% manifiesta que han sembrado especies arbóreas nativas; el 75.20% de las UPAs realiza actividades para la conservación del suelo y la recuperación de las cualidades para la producción, dentro de las prácticas que más se realizan está: barbecho bajo, mínimo movimiento del suelo y siembra con poca preparación del terreno (CIAT, 2018)

Sumado a este escenario Colombia cuenta con el 40% (45.379.058 ha) de la superficie con algún grado de degradación de suelos por erosión, aproximadamente el 20,1% se encuentra con erosión ligera, el 17,1% presenta alguna erosión moderada, el 3,0% presenta erosión severa y el 0,20% erosión muy severa, los procesos erosivos generalmente se presentan de manera conjunta y casi nunca se presentan solos (IDEAM - UDCA, 2015). La degradación de suelos por erosión en el sector agropecuario responde a una serie de malas prácticas que se tienen con los recursos naturales acompañados de falta de conciencia y cultura ambiental, falta de desarrollo e implementación de prácticas y tecnologías productivas con enfoque de adaptabilidad y políticas públicas que normaticen y garanticen una producción sostenible con el medio ambiente.

El presente trabajo pretende identificar las zonas que presenten conflicto de uso, en condiciones de áreas para la restauración bajo el uso de cultivos permanentes, transitorios o pastos, con el objetivo de proponer modelos de producción sostenible adaptados a las

condiciones de clima presentes y que ayuden a procesos de restauración, conservación o mejoramiento del recurso suelo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 EROSIÓN DE SUELOS

La erosión de suelos y tierras se presenta como una disminución de varios de los servicios ambientales o funciones ecosistémicas, normalmente como consecuencia por efectos naturales o antrópicos que generan la pérdida de todas las características ambientales. La degradación de suelos compone la degradación física por lo que se destaca la erosión principalmente por compactación y pérdidas físico-mecánicas del suelo, la degradación química principalmente por la salinización y acidificación de suelos y la degradación biológica por pérdida de material orgánico importante, disminuyendo la actividad biológica del suelo y los procesos de descomposición y mineralización.

La degradación de suelos se puede presentar de diferentes formas, incluso de manera conjunta con su parte química, física y biológica, donde una puede darle inicio a las otras, cuando esta degradación ocurre en climas donde escasea el agua se denomina Desertificación, siendo sus causas de índole social, económica, cultural, natural, de variabilidad climática y principalmente el mal uso, mal manejo y mala gestión de los suelos, lo que impacta directamente con la oferta de servicios ecosistémicos y ambientales que mejoren la calidad de vida en el territorio (IDEAM - UDCA, 2015).

2.2 CONFLICTO DE USO DEL SUELO

Los conflictos de uso del suelo se presentan porque existe la necesidad de averiguar si en la práctica que se realiza sobre alguna área o zona genera o no degradación en suelo o de manera diferente un desaprovechamiento en su uso, por ello surge la necesidad de identificar el uso del suelo que se realiza actualmente y su aptitud, teniendo en cuenta sus principales características y condicionantes (Rodríguez, 2014).

El conflicto de uso del suelo identifica las áreas que se degradan debido a su uso inadecuado, dando lugar a la Sobreutilización, por el contrario tierras que presentan mejores propiedades y cualidades químicas, físicas y biológicas están siendo desaprovechadas, esto es Subutilización, además se le agrega un nivel de severidad en Ligera Moderada y Severa.

- *Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado.*
- *Tierras en conflicto por sobreutilización ligera.*
- *Tierras en conflicto por sobreutilización moderada.*
- *Tierras en conflicto por sobreutilización severa.*
- *Tierras en conflicto por subutilización ligera.*
- *Tierras en conflicto por subutilización moderada.*
- *Tierras en conflicto por subutilización severa.*

(Rodríguez, 2014)

2.3 MODELOS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE

La agricultura es una actividad artificial donde existe una intervención del hombre para gestionar unos recursos naturales en busca de una mayor producción neta, esta relación no

siempre significa que sea incompatible con la naturaleza siendo necesario el manejo de un modelo de producción y aprovechamiento sostenido, que debe entenderse desde un campo de cultivo, al conjunto de campos de cultivo, a un conjunto de unidades agropecuarias que conforman un paisaje natural, con diferentes interacciones entre los componentes de un ecosistema, que para este contexto se denomina Agroecosistema (Enrique Kolmans, 1999).

La restauración ecológica y ambiental son una serie de procesos para apoyar la recuperación de un entorno natural hostil el cual pertenece a un ecosistema que ha sido degradado, erosionado y que se necesita reestablecer sus funciones y valores sociales y de recursos (Calle & Murgueitio, 2020), esto entendido en que las acciones que se realicen deben ir enmarcadas en un funcionamiento de sistemas, por lo que los modelos de producción sostenible se proponen para que actúen en conjunto y tengan un mejor impacto al momento de ayudar en la restauración del suelo.

La agricultura sustentable y la agroecología define la aplicación de una serie de conceptos ecológicos y principios éticos que desarrollan sistemas de implementación para fortalecer agro ecosistemas sustentables, varios autores han propuesto este concepto como una respuesta a un modelo de producción deteriorado, generando desarrollo en la concepción de la agroecología y la producción sustentable, pasando del pensamiento en el cultivo netamente a un pensamiento de sistemas más complejo que aborda las dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas (M. Altieri, 2002).

A continuación se muestran las diferentes técnicas complementarias a los sistemas agrícolas o pecuarios que se pueden implementar para que mejoren las condiciones del suelo y aporten a la conservación del mismo, estas técnicas pueden ser adaptadas a diferentes temperaturas

y regímenes de precipitación, teniendo en cuenta las condiciones ecofisiológicas de las especies a implementar y los rangos de adaptabilidad de la especie con relación al clima.

2.3.1 Agricultura de Conservación

De acuerdo a las experiencias obtenidas por el Proyecto Checua – PROCAS de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, se realizaron unos trabajos de recuperación de zonas degradadas en la cuenca de la Laguna de Fúquene, procesos de estabilización de la degradación con el fin de mitigar la problemática, el proyecto fue orientado a la restauración de los suelos y el agua a partir de prácticas como Labrado Mínimo, Rotación con Abonos Vivos y asociaciones de cultivos beneficiosos, Siembra Directa y Renovación de pastizales, Tecnologías también conocidas como Agricultura y Ganadería de Conservación (CAR, 2006). Estos principios serán utilizados para la elaboración de los diseños de producción sostenible.

Los beneficios impactan positivamente las condiciones del suelo previniendo su erosión, la biodiversidad, el cuidado en el ciclo del agua, conservación del páramo, prevención de la desertificación, la acumulación de carbono en el suelo, mejoran la fertilidad del suelo y la estabilidad de familias rurales, lo cual entre todo este sistema aportan a un desarrollo sostenible del sistema productivo (CAR, 2006)

➤ *Abonos Verdes*

Son plantas que tienen características de fertilizar el suelo y mejorar sus características físicas y químicas mientras se da su proceso de crecimiento, fijación de nitrógeno atmosférico a través de asociaciones simbióticas con microorganismos

del suelo, aportes de materia orgánica con contenidos importantes de nitrógeno, infiltración del agua en el suelo por acción de las raíces, descompactación del suelo y cobertura dejada por el follaje, existen varias especies de abonos verdes en todos los climas principalmente las Leguminosas (CAR, 2013).

➤ *Rotación de Cultivos*

La rotación de cultivos se puede realizar con abonos verdes principalmente los cuales se encargan de mantener el suelo cubierto y abonado, especies como leguminosas, gramíneas, crucíferas entre otras, con crecimiento precoz y grandes aportes de materia orgánica, son fáciles de reproducir y no generan incompatibilidades con el cultivo principal. Sus beneficios son aportar materia orgánica, favorece la vida en el suelo, ofrecen alternativas adicionales de ingresos, disminuye la incidencia de malezas, entre otros (CAR, 2006).

➤ *Labranza Mínima*

La agricultura de conservación busca usar de manera eficiente las fuerzas biológicas para favorecer las prácticas productivas, ejemplo las raíces de las plantas y la lombriz de tierra ayudan a airear el suelo, su infiltración, retención de humedad, temperatura entre otros. Varios sistemas productivos se pueden manejar con mínima o ninguna labranza del suelo, bajo condiciones de suelo, topografía, cultivo, clima agresividad de arvenses, condiciones socioculturales, etc. Esta práctica donde se evita el movimiento del suelo ayuda a conservar su estructura, su humedad, los nutrientes y materia orgánica, aumentando los niveles productivos y disminución de costos (CAR, 2006).

➤ *Árboles en las Fincas*

La inclusión de los árboles en las fincas se propone a manera de sistema agroforestal el cual se incluye asociativamente con los cultivos y animales, presentándose con un orden en el área asignada, el tiempo con diferentes interacciones ecológicas y económicas. Esta técnica se hace muy necesaria en condiciones del trópico para disminuir la erosión, desertificación, etc. (Enrique Kolmans, 1999).

2.3.2 Ganadería de Conservación

En las fincas ganaderas se han desarrollado varios modelos de producción donde es posible mejorar la eficiencia de los terrenos más fértiles y aptos a partir de implementación de sistemas silvopastoriles para un manejo adecuado de los animales, mejorar las condiciones de las zonas bajas y aptas para la producción libera espacios naturales circundantes o marginales, los cuales pueden ser adecuados como corredores biológicos, zonas de reserva o conservación de fuentes hídricas, donde el inicio de este proceso es la planificación agropecuaria (Calle & Murgueitio, 2020).

➤ *Árboles en la finca*

La incorporación de los árboles en los sistemas productivos son usado en varios lugares de la finca, como cercas vivas que ayudan con el sombrío para los animales y el paso de fauna silvestre principalmente aves, arboles dispersos dentro de los potreros, en zonas de conservación de fuentes hídricas, en zonas para la conexión de pequeños bosques de galería que se encuentren como corredores ecológicos y la utilización de las especies nativas locales de la zona, donde se cuente con especies de árboles de nueces, de frutas, de forraje de vainas, entre otros. De manera que

puedan aportar en la nutrición de los animales y puedan abastecer de comida a la fauna silvestre (Enrique Kolmans, 1999).

➤ *Mejoramiento de Praderas*

La renovación y nuevas siembras con semillas de pastos mejorados aportan a un uso más eficiente del suelo, a una mejor alimentación de los animales, variedades con mayor adaptabilidad a las condiciones ambientales y una mayor capacidad de carga de ganado por área (CAR, 2013).

➤ *Bancos de Proteína*

Dentro del sistema productivo ganadero se puede destinar una zona que se encuentre aislada (cerca eléctrica) y en la que se puedan sembrar árboles en líneas con asociaciones de plantas o arbustos a alta densidad de siembra que contengan buen porcentaje de proteína que puedan aportar en la nutrición de los animales, este sistema es conocido como seto forrajero o banco de proteína. Existen varias especies que se pueden implementar dependiendo de las condiciones de clima y los niveles de adaptabilidad de las especies (Calle & Murgueitio, 2020).

➤ *Arreglo Silvopastoril*

Existen diferentes arreglos silvopastoriles, los cuales dependen del terreno, del clima y del sistema finca en concreto, sin embargo encontramos arreglos en callejones, en cercas vivas, silvopastoriles intensivos o con árboles dispersos, es posible en un mismo predio implementar varios arreglos forestales. Estos arreglos dependen de una planificación del predio y el objetivo de los arboles con lo que se quiere implementar, bien sea para forraje, sombrío, conservación, fauna silvestre, etc. (CAR, 2013).

Los arreglos forestales proponen una subdivisión de la finca en potreros, de manera que se pueda rotar el ganado por entre estos, mientras en los potreros vacíos van habiendo procesos de rebrote de pasto, La implementación de cerca eléctrica portátil moviéndola semanal, diario o incluso 2 veces por día hace que el uso del potrero sea más eficiente y haya un pastoreo mejor.

2.3.3 Técnicas de Adaptación al Entorno

➤ *Reservorios de Agua*

Tener la capacidad de almacenar grandes volúmenes de agua y una red de distribución garantiza que los procesos productivos se generen de mejor manera y más eficiente, existen varios tipos de reservorio que se pueden adecuar según las necesidades y condiciones del terreno, algunos de ellos son reservorio en hueco con geomembrana, pocetas de sedimentación, estructura tipo tanque en geomembrana (Tipo Australiano o Zamorano).

➤ *Obras Biomecánicas*

Estas son obras que se implementan en la finca para poder mejorar las condiciones del suelo y aportar a su restauración, dependen de las condiciones y el estado en que se encuentre el lugar, estas pueden ser Banquetas de sedimentación, pocetas de sedimentación, terrazas, zanjas de infiltración, entre otras

➤ *Sistema de Recolección Agua Lluvia*

La cosecha de agua lluvia es la práctica de captar la lluvia en techos y otras superficies, distribuirla por medio de unas canales y almacenarla en tanques o recipientes para uso agrícola, animales o domestico (BID, 2019)

➤ *Sistemas de Riego*

Los sistemas de riego deben ser tomados como una herramienta que se propone brindar soluciones para potenciar la capacidad de producción del sistema finca, ya que el éxito del cultivo depende también de otras variables como nutrición, prácticas de manejo, semilla, entre otras. Se enmarca como una herramienta principal en los procesos de restauración del suelo y de la capacidad productiva, ya que hay zonas donde el agua es limitante y debe ser mejor administrada de una manera más eficiente.

El sistema de riego depende del tipo de cultivo que se tenga, lo cual nos define el tamaño, la capacidad de riego, la demanda de riego y el sistema de distribución del agua (por goteo, por aspersión, por micro aspersión, etc.) (FAO, 2007).

2.3.4 Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica son una serie de prácticas y conceptos de relación más allá del sistema de cultivo con una producción más sostenible y ecológica , involucra todos los fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, relaciones depredador / presa o competencias de cultivo / maleza. En estas interacciones biológicas tienen parte fundamental los microorganismos y la vida del suelo, la cual participa en los diferentes procesos de nutrición de las plantas y los organismos del sistema (M. Altieri, 2002).

➤ *Abonos Orgánicos*

Son un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos, que en compañía de poblaciones de microorganismos presentes en los mismos residuos o del suelo se manejan bajo situaciones controladas para generar un material

resultante, este material tiene un proceso de elaboración concreto y genera la capacidad de poder fertilizar la planta y nutrir el suelo al mismo tiempo (J. Restrepo Rivera, 2009)

➤ *Microorganismos*

Los microorganismos hacen parte de los componentes del suelo y cumplen funciones muy importantes para poder sostener el sistema, estos contribuyen a solubilizar y mineralizar las fuentes nutritivas para animales y plantas así como mejorar las condiciones físico-químicas del suelo, el conocimiento y uso de los microorganismos es un elemento fundamental dentro de las prácticas de agricultura orgánica ya que todo el tiempo vamos a estar en interacción con ellos y son muy útiles a la hora de agilizar procesos, nutrir más los suelos, solubilizar elementos importantes para la nutrición, fermentos entre otros.

3. OBJETIVOS

Objetivo general:

Zonificar los sistemas productivos y áreas para restauración o en conflicto para la implementación de modelos de producción sostenible en la cuenca del Ríoseco y otros directos al Magdalena.

Objetivos Específicos:

- Identificar las zonas con sistemas productivos agropecuarios mediante el procesamiento de datos espaciales.

- Reconocer las zonas susceptibles a la degradación de suelos a través de los datos de la zonificación del POMCA Ríoseco y otros directos al Magdalena.
- Definir diseños de implementación de agricultura de conservación o ganadería regenerativa en las zonas identificadas con diferentes condiciones ambientales o en conflicto.

4. METODOLOGÍA

4.1 LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del Ríoseco y otros directos al Magdalena se encuentra localizada al occidente del departamento de Cundinamarca en límites con el departamento de Tolima y Caldas en confluencia se encuentra el Río Magdalena, está ubicada entre los municipios de Puerto Salgar (punto más al norte) hasta el municipio de Girardot (punto más al sur) donde esta franja se extiende por todo el río Magdalena hasta el sistema montañoso que hace la divisoria de aguas con las subzonas hidrográficas del río Negro y el río Bogotá, en la tabla 14 se muestran las unidades hidrográficas de nivel I y su porcentaje de participación según su área en la cuenca (CAR - POMCA, 2014)

Tabla 1 Unidades hidrográficas de nivel I de la subzona hidrográfica del Ríoseco y otros directos al Magdalena

Código	Unidad Hidrográfica Nivel I	Área	Porcentaje
2123-01	Sector Nariño	14.827,0178	6,70%

2123-02	Río Seco	61.761,5908	27,91%
2123-03	Sector Beltrán	24.130,3247	10,91%
2123-04	Río Seco de las palmas	10.939,3925	4,94%
2123-05	Quebrada Seca Quebrada Doña Inés	6.146,4521	2,78%
2123-06	Río Chaguaní	16.430,9365	7,43%
2123-07	Sector Guaduas	18.977,6178	8,58%
2123-08	Río Seco Norte	22.832,2662	10,32%
2123-09	Sector Puerto Salgar	15.736,4625	7,11%
2123-10	Río Negrito	29.475,2278	13,32%
TOTAL		221.257,2888	100,00%

La cuenca comprende 12 municipios como se muestran a continuación

Municipio	Área del Municipio	Área del Municipio que hace parte de la cuenca	Porcentaje en la cuenca
Beltrán	17,686.8051	17,686.8051	100.00%
Chaguaní	17,202.6723	17,168.4812	99.80%
Girardot	13,035.2274	5,262.4816	40.37%
Guaduas	76,349.0146	46,763.3922	61.25%
Guataquí	9,096.3468	9,096.3468	100.00%
Jerusalén	22,186.0182	22,138.1725	99.78%
Nariño	5,513.1311	5,474.4527	99.30%
Puerto Salgar	51,572.6451	36,257.2411	70.30%
Pulí	19,768.7884	19,768.7884	100.00%
Quipile	12,770.6190	9,712.4411	76.05%
San Juan de Río seco	31,408.8890	31,397.2004	99.96%
Tocaima	24,585.1687	473.5792	1.93%

4.1.1 Clima de la Cuenca

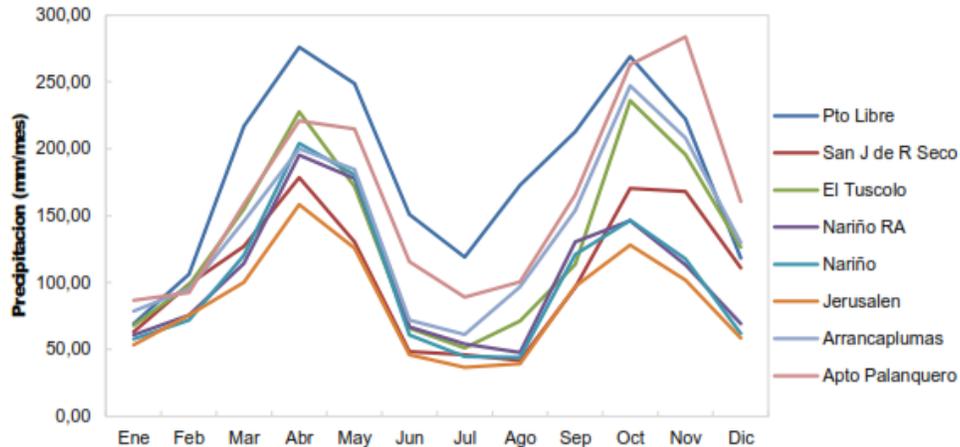
❖ *Precipitación*

En la cuenca la distribución de la precipitación se marca por los movimientos de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) la que define dos temporadas de lluvia a lo largo del año, a inicios del mes de abril hasta finales de junio y septiembre, incluso hasta noviembre. El primer período de lluvias está definido por el paso de sur a norte de la ZCIT y para el segundo período de lluvias de norte a sur, intercalando dos períodos secos con comportamiento similar en el año.

Un fenómeno importante que define las temporadas de lluvias en la cuenca tiene como origen los sistemas conectivos que se forman en el valle del río Magdalena, trayendo lluvias orográficas sobre la vertiente occidental de la cordillera oriente, se determinó la zona del sector Nariño con las mayores precipitaciones en la cuenca durante el primer período de lluvias (CAR - POMCA, 2014).

En la figura 2 se puede evidenciar que la cuenca tiene un comportamiento de lluvias bimodal con tiempos secos principalmente en junio – julio, enero - diciembre y de tiempos de lluvia en marzo-abril y septiembre – Noviembre con precipitaciones mínimas en tiempos secos de 50mm/mes y máximas en épocas de lluvia de 280mm/mes

Figura 2 Distribución de la precipitación en la cuenca Río seco y otros directos al Magdalena por unidades hidrográficas



❖ *Temperatura*

Se estableció según el estudio de diagnóstico que realizó la CAR, (2014), en la actualización del POMCA Río seco y otros directos al Magdalena que la Subzona hidrográfica presenta temperaturas desde los 14.8°C durante el mes de diciembre en la unidad hidrográfica de Chaguaní y hasta 30.3°C en el mes de agosto en la unidad hidrográfica de río Negrito. Los meses más cálidos corresponden con julio y agosto y los más fríos con los meses de mayo y noviembre.

La mayor temperatura corresponde a 38.9°C en el mes de agosto en la unidad hidrográfica de río Negrito y la menor temperatura corresponde a 21,2°C en el mes de noviembre en río Chaguaní (CAR - POMCA, 2014).

4.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Para el cumplimiento de los objetivos del proyecto se realizó una revisión bibliográfica de los diferentes datos geográficos con información relevante alrededor de tres ejes principales en la cuenca del Ríoseco

- Zonas con sistemas productivos agropecuarios - *Mapa Digital de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013*
- Zonas con áreas de conservación y restauración - *Zonificación Ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca - Río Seco y Otros Directos Al Magdalena POMCA CAR, 2019*
- Zonas con áreas en conflicto de uso de suelo - *Mapa Digital de Conflictos de Uso, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013*

Para cada una de estas zonas se generaron categorías de análisis que permitieron hacer relacionamientos que determinen diferentes áreas donde sea conveniente implementar procesos de restauración o mejoramiento productivo a partir de diseños de producción sostenible, con el fin de llevar mejores prácticas productivas que ayuden a conservar el suelo. La categorización de este proceso permite identificar zonas con algún sistema productivo (transitorio, permanente, pastos, otros), en un área de conservación o algún tipo de restauración y asociado a un tipo de conflicto por sobreutilización o subutilización.

Determinando las zonas resultantes de este proceso se generó una matriz de diferentes diseños de producción sostenible, basados en la agricultura de conservación y ganadería

regenerativa que ayuden a mitigar el deterioro de estos suelos y se puedan generar procesos de restauración productiva. La determinación de la aptitud productiva de los diseños de producción sostenible se debe generar para garantizar que los modelos funcionen y puedan desarrollarse.

Para la selección de los diseños de producción sostenible se deben contemplar los elementos del clima, los cuales son determinantes en la definición de las especies a proponer y las prácticas a realizar. El modelo climático de Caldas-Lang propone categorías de zonificación basados en la temperatura y la precipitación elementos clave para determinar los procesos de recuperación o conservación del suelo.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el software de ESRI ArcMap 10.8.

4.3 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS

4.3.1 Áreas de Producción Agropecuaria

La ubicación de las áreas con sistemas productivos agropecuarios son de importancia para el análisis dando un perfil importante del uso de la tierra y la identificación de zonas productivas que se encuentran en conflicto con áreas de conservación, restauración o en conflicto de uso del suelo, igualmente identificar el nivel de adaptabilidad de los diseños de agricultura de conservación y ganadería regenerativa.

Esta información se identificó en el *“Mapa Digital de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013”*, mostrando las áreas de conservación y protección ambiental, las áreas de producción agrícola, ganadera y

explotación de recursos naturales, las áreas de susceptibilidad y amenazas y las áreas consideradas así como las áreas de patrimonio cultural de la nación (IGAC, 2013).

<https://geoportail.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>

La tabla 2 hace referencia a los datos que integra el mapa de clasificación de la tierra por su oferta ambiental, mostrando 3 agrupaciones a) Vocación, que hace referencia al conjunto de condiciones ambientales que integra aptitudes y características óptimas para desarrollar alguna actividad (agrícola, agroforestal, conservación de suelos etc.) b) Oferta Ambiental, que identifica la oferta ambiental que existe en la zona basada en las condiciones reales del entorno (áreas de protección, parques naturales, áreas para producción, etc.) y c) el uso principal que se da en el marco de una oferta ambiental, una característica más específica del entorno (Agrosilvícola con cultivos permanentes, agrosilvopastoril con cultivos permanentes, áreas de protección legal).

Tabla 2 Descripción de capas y atributos del Mapa de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental

Mapa Oferta Ambiental	
Vocación	Agrícola, agroforestal, áreas de protección legal, áreas prioritarias para la conservación, conservación de suelos, cuerpos de agua, forestal, ganadera, zona urbana
Oferta_Amb	Áreas de Protección Legal, áreas para producción, áreas prioritarias para la conservación, cuerpos de agua, zonas urbanas
Uso_Princi	Agrosilvícola con cultivos permanentes, agrosilvopastoril con cultivos permanentes , áreas de protección legal, áreas prioritarias para la conservación,

conservación de recurso hidrobiológico, conservación y recuperación erosión, cuerpo de agua, **cultivos permanentes intensivos de clima cálido, frío, medio, semiintensivos de cálido, frío, medio, cultivos transitorios intensivos de clima cálido, frío, medio, semiintensivos de C, F, M, forestal de producción de clima caído, forestal de protección, pastoreo intensivo de clima frío, pastoreo semi intensivo de clima frío, pastoreo semi intensivo de clima medio, protección – producción, silvopastoril, zona urbana**

ICDE, Catálogo Nacional de Metadatos, IGAC 2013

<http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ea49a7a6-571a-404b-b7bf-09280d26e308>

4.3.2 Áreas de Conservación y Restauración

Las áreas de conservación y protección son tenidas en cuenta para identificar los conflictos con los sistemas productivos e identificar las zonas que se deben dejar para conservación, para protección y para restauración, teniendo en cuenta que este elemento es muy importante al momento de definir los diseños de producción sostenible a recomendar y los posibles procesos de recuperación de los suelos.

La información se adquirió de “*Zonificación Ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca - Río Seco y Otros Directos Al Magdalena POMCA CAR, 2019*” donde contiene información relacionada con las áreas de ecosistemas estratégicos, de conservación según normatividad ambiental, zonas degradadas, erosionadas, para recuperar sus funciones, entre otras, las cuales brindan información valiosa para la definición de los diseños de producción sostenible (CAR, 2019).

En la tabla 3 se identifica 4 agrupaciones en la zonificación del POMCA Ríoseco y otros directos al Magdalena a) Categoría ordinaria que agrupa las zonas de manera general en conservación, protección y uso múltiple b) Zonas de uso y manejo que identifica las áreas con respecto a su condición y característica ambiental y propone un manejo general como protección, producción o restauración, etc. c) Subzonas de uso y manejo es una identificación más específica del entorno que propone de igual forma manejos más específicos, Agrosilvopastoril, Recuperación para uso múltiple, rehabilitación, Restauración, SINAP y d) Descripción de algunos elementos de importancia que caracterizan las subzonas y el entorno, Degradadas que pueden recuperar sus funciones, complementarias para conservación, etc.

Tabla 3 Descripción de las capas y atributos del mapa de Zonificación Ambiental POMCA Ríoseco y otros Directos al Magdalena

POMCA Río Seco y otros directos al Magdalena (CAR, 2019)	
Cat_Ord	Conservación y protección ambiental, Uso Múltiple
Zo_us_m	Protección, Restauración, Producción, Protegidas y Urbanas
SZo_us_m	Agrícolas, Agrosilvopastoriles, Amenaza Natural, Importancia Amb, Recup para uso múltiple, Rehabilitación, Restauración Ecológica, SINAP, Urbana.
DESCRIP:	área art 31, Degradadas que pueden recuperar sus funciones, Protección SINAP, Transformadas que presentan deterioro amb y puede ser recuperada para uso múltiple aptitud, complementarias para conservación o impor amb y degradadas, cultivos permanentes, cultivos transitorios, ecosistemas estratégicos

ArcGis Online, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR 2019

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=355dfb4ea7fe45588a530932e4680897&view=list&sortOrder=desc&sortField=defaultFSOrder>

4.3.3 Áreas En Conflicto De Uso

El conflicto de uso del suelo es un factor importante para lograr definir las áreas que se encuentran en sobreutilización y subutilización con sistemas productivos transitorios, permanentes y pastos, lo cual da elementos importantes para definir los modelos de sistemas productivos sostenibles.

La información se tomó del “*Mapa Digital de Conflictos de Uso, República de Colombia, Escala 1:100.000. Año 2013*” <https://geoportalligac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>

La tabla 4 muestra la información de las áreas que presentan un conflicto entre su vocación de uso y su uso actual, es decir zonas que comprenden unas características y aptitudes óptimas para ofrecer un servicio ambiental y que en la realidad se llevan a cabo otras actividades contrarias que propician el deterioro ambiental, ejemplo, áreas con vocación para la conservación y/o cuerpos de agua y que se llevan actividades de sistemas productivos intensivos.

Tabla 4 Descripción de capas y atributos del mapa de Conflicto de uso de suelo del IGAC, 2013

Conflicto de uso del Suelo Cundinamarca IGAC	
T_Conflicto	En áreas de cuerpos de agua, pantanosas con cultivos permanentes, pantanosas con transitorios, pantanosas con pasto, Demanda no disponible en áreas a proteger, en áreas para producción, sobreutilización ligera, moderada, severa, subutilización L, M, S, uso adecuado sin conflicto, uso inadecuado en zonas quemadas
Conflicto	Cuerpos de agua, demanda no disponible, otras coberturas, sobreutilización, subutilización, uso adecuado sin conflicto

ICDE, Catalogo Nacional de Metadatos, IGAC 2013

<http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/9f7be784-5232-47cc-aefb-3900c8586cd8>

4.4 DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

4.4.1 Áreas de Producción Agropecuaria

Para poder discriminar diferentes sistemas productivos se definieron categorías que los agruparan en cultivos permanentes, transitorios y pastos, con el fin de poderlos discriminar para la definición de los modelos de producción sostenible. Esta información se obtuvo del mapa de clasificación de la tierra por su oferta ambiental.

La tabla 5 muestra los datos extraídos del mapa de oferta ambiental y su distribución en las categorías o grupos, con el fin de tener identificadas las zonas por tipo de cultivo y así tener un insumo importante para la definición del manejo sostenible, dando elementos de clima, tipo de cultivo e intensidad en la producción.

Tabla 5 Categoría de las áreas con sistemas productivos, Mapa Oferta Ambiental IGAC

MAPA OFERTA AMBIENTAL	
CATEGORÍA	ATRIBUTOS
PERMANENTES	Agrosilvícola con cultivos permanentes, agrosilvopastoril con cultivos permanentes, forestal de producción de clima caído, cultivos permanentes intensivos de clima cálido, frío, medio, semiintensivos de cálido, frío, medio, cultivos
TRANSITORÍOS	cultivos transitorios intensivos de clima cálido, frío, medio, semiintensivos de C, F, M
HETEROGÉNEO AGROPECUARIO	Áreas para Producción, Protección - Producción
CONSERVACIÓN	Áreas prioritarias para la Conservación

4.4.2 Áreas de Conservación y Restauración

Las categorías de análisis para la identificación de las zonas de protección y restauración se determinaron a partir del mapa de zonificación ambiental del POMCA Río seco y otros directos al Magdalena, las categorías son las zonas para Protección, Restauración y para producción agropecuaria, lo cual es determinante para la asignación de los modelos de producción sostenible respetando las áreas para conservación principalmente.

La tabla 6 muestra la distribución de los datos de la zonificación ambiental del POMCA de acuerdo a cada agrupación, lo cual es necesario para identificar las áreas para restauración y las áreas de conservación, insumo importante para determinar el manejo sostenible

Tabla 6 Categorías de las áreas de conservación y restauración a partir del mapa de Zonificación Ambiental POMCA Ríoseco

MAPA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL POMCA RÍOSECO Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA	
CATEGORÍA	ATRIBUTO
PROTECCIÓN	Áreas de Protección, Áreas Protegidas
RESTAURACIÓN	Áreas de Restauración
PRODUCCIÓN	Áreas para la producción agrícola, ganadera y uso sostenible de recursos
AGROPECUARIA	naturales

4.4.3 Áreas con Conflicto de Uso

El conflicto de uso del suelo es una variable importante para determinar el estado del suelo y el tipo de prácticas que se realizan, se determinaron las categorías de Sobreutilización del suelo, Subutilización del suelo Conflictos en áreas de cuerpos de agua y Sin Conflicto basados en el mapa de conflicto de uso del suelo del IGAC.

La Tabla 7 muestra la distribución de los datos del mapa de conflicto de uso en cada agrupación o categoría, con el fin de identificar el nivel de producción o explotación del suelo en esta área, lo cual es factor importante de análisis para la definición del diseño de producción sostenible

Tabla 7 Categorías de las áreas con conflicto de uso

CONFLICTO DE USO DEL SUELO	
CATEGORÍA	ATRIBUTO
SOBREUTILIZACIÓN	Áreas con sobreutilización
SUBUTILIZACIÓN	Áreas con subutilización
CONFLICTO CUERPOS DE AGUA	Conflictos en áreas de cuerpos de agua
SIN CONFLICTO	Uso adecuado o sin conflicto

4.5 PROCESOS DE ZONIFICACIÓN

4.5.1 Zonificación 1: Áreas con sistemas productivos agropecuarios y áreas con conflicto de uso

Teniendo como base la categorización de las áreas con sistemas productivos y las áreas de conflicto de uso, se puede identificar qué sistema productivo se encuentra en alguno de los conflictos de uso por sobreutilización o subutilización, dando mayores elementos de análisis para la definición de los modelos de producción sostenible.

La tabla 8 representa la zonificación 1 la cual toma elementos de las áreas con sistemas productivos y las áreas con conflicto de uso, dando como resultado una nueva categoría de análisis identificando el tipo de cultivo (Permanente, Transitorio, Heterogéneo,

Conservación) y su intensidad de producción o el conflicto en el que se encuentra (Sobreutilización, Subutilización, Sin Conflicto, Conflicto cuerpos de agua)

Tabla 8 Zonificación 1: Áreas de producción agropecuaria y áreas con conflicto de uso

ZONIFICACIÓN 1		Áreas con Conflicto de Uso			
		Sobreutilización	Subutilización	Sin Conflicto	Conflicto Cuerpos de agua
Áreas de Sistemas Productivos	Permanentes	Per-Sobre	Per-Sub	Per-SC	Per-Conf_agua
	Transitorios	Tr-Sobre	Tr-Sub	Tr-SC	Tr-Conf_agua
	Heterogéneo Agropecuario	Het_Agrop-Sobre	Het_Agrop-Sub	Het_Agrop-SC	Het_Agrop-Conf_agua
	Conservación	Conserv-Sobre	Conserv-Sub	Conserv-SC	Conserv-Conf_agua
Per	Cultivos Permanentes				
Tr	Cultivos Transitorios				
Het_Agrop	Heterogéneo Agropecuario				
Conserv	Conservación				
Sobre	Conflicto por Sobreutilización				
Sub	Conflicto por Subutilización				
SC	Sin Conflicto				
Conf_agua	Conflicto en Cuerpos de Agua				

De este proceso se identifican nuevas categorías que discrimina los sistemas productivos en Permanentes, Transitorios, Heterogéneo Agropecuario y Conservación con procesos de conflicto por Sobreutilización, Subutilización, Sin Conflicto y Conflicto en cuerpos de agua.

4.5.2 Zonificación 2: Áreas con sistemas productivos y conflicto de uso con áreas de conservación y restauración.

El proceso de zonificación 1 ayuda a identificar zonas con sistemas productivos y algún conflicto de uso, con este nuevo proceso de zonificación se puede discriminar las zonas tomando en cuenta el contexto ambiental, dando prioridad a las zonas de conservación y protección y enfatizando en las zonas de restauración que puedan recuperar sus funciones.

La tabla 9 muestra la zonificación 2 la cual involucra la categorización de la zonificación 1 (tipos de cultivos – conflicto de uso) y las áreas de la zonificación ambiental del POMCA, dando nuevos elementos para la discriminación de áreas y su manejo o diseño a implementar generando la identificación de zonas donde se reconoce el tipo de cultivo, el conflicto de uso y la condición ambiental de conservación o restauración.

Tabla 9 Zonificación 2: Áreas con sistemas productivos y algún conflicto de uso con áreas de conservación y restauración

ZONIFICACIÓN 2		Áreas de Conservación y Restauración		
		Conservación	Restauración	Producción Agropecuaria
ZONIFICACIÓN 1	Per-Sobre	Per-Sobre-Cons	Per-Sobre-Rest	Per-Sobre-Prod
	Per-Sub	Per-Sub-Cons	Per-Sub-Rest	Per-Sub-Prod
	Per-SC	Per-SC-Cons	Per-SC-Rest	Per-SC-Prod
	Per-Conf_agua	Per-Conf_agua-Cons	Per-Conf_agua-Rest	Per-Conf_agua-Product
	Tr-Sobre	Tr-Sobre-Cons	Tr-Sobre-Rest	Tr-Sobre-Prod
	Tr-Sub	Tr-Sub-Cons	Tr-Sub-Rest	Tr-Sub-Prod
	Tr-SC	Tr-SC-Cons	Tr-SC-Rest	Tr-SC-Prod
	Tr-Conf_agua	Tr- Conf_agua-Cons	Tr- Conf_agua-Rest	Tr- Conf_agua-Product
	Het_Agrop-Sobre	Het_Agrop - Sobre-Cons	Het_Agrop - Sobre-Rest	Het_Agrop -Sobre-Prod
	Het_Agrop-Sub	Het_Agrop - Sub-Cons	Het_Agrop - Sub-Rest	Het_Agrop -Sub-Prod
	Het_Agrop-SC	Het_Agrop -SC-Cons	Het_Agrop - SC-Rest	Het_Agrop -SC-Prod
	Het_Agrop-Conf_agua	Het_Agrop-Conf_agua-Cons	Het_Agrop-Conf_agua-Rest	Het_Agrop- Conf_agua-Product
	Conserv-Sobre	Conserv-Sobre-Cons	Conserv-Sobre-Rest	Conserv-Sobre-Prod
	Conserv-Sub	Conserv-Sub-Cons	Conserv-Sub-Rest	Conserv-Sub-Prod
	Conserv-SC	Conserv-SC-Cons	Conserv-SC-Rest	Conserv-SC-Prod
	Conserv-Conf_Agua	Conserv-Conf_Agua-Cons	Conserv-Conf_Agua-Rest	Conserv-Conf_Agua-Prod
Cons	Áreas de Conservación y Protección			
Rest	Áreas de Restauración			

Prod	Áreas para producción Agropecuaria
-------------	------------------------------------

Esta información generada involucra 3 elementos importantes a) El tipo de cultivo que define las técnicas productivas a implementar y el manejo técnico b) El conflicto de uso que muestra la intensidad en la producción siendo zonas intensivas y otras subutilizadas y c) La condición ambiental que se encuentra en la zona, bien sea de conservación, protección, para hacer procesos de restauración o para la producción. Estos 3 elementos definen un contexto más específico de la zona donde se requiere implementar procesos de restauración, de producción sostenible o de conservación

De igual forma arroja nuevas categorías que complementan la información alrededor de los sistemas productivos, su conflicto de uso y su situación en el tema ambiental, lo que indica un diagnóstico con elementos clave para la definición de los diseños de producción sostenible que se podrían implementar.

4.6 DETERMINACIÓN DE ADAPTABILIDAD DE LOS MODELOS

4.6.1 Clasificación Ambiental de Caldas – Lang

La adaptabilidad de los modelos de producción sostenible se basa principalmente en las condiciones de temperatura y precipitación, lo cual ayuda a determinar que especies de plantas se pueden usar para realizar los procesos de restauración o mejoramiento del suelo. La metodología planteada por Caldas – Lang ayuda a establecer una clasificación climática teniendo como base la temperatura, altura y la precipitación, los cuales al cruzarse producen

la clasificación que determina la distribución espacial de las zonas climáticas (CRQ, CVC, CARDER, 2018)

La clasificación de Caldas se basa únicamente en el factor térmico y la variación de la temperatura con la altura, los rangos resultantes se denominan pisos térmicos.

Tabla 10 Clasificación Climática de Caldas

PISO TÉRMICO	RANGO DE ELEVACIÓN	RANGO DE TEMPERATURAS
Cálido	0 a 800	Mayor a 24°C
Templado	800 a 1800	24 – 18°C
Frío	1800 a 2800	18 – 12°C
Muy Frío	2800 a 3700	12 – 6°C
Extremadamente Frío	3700 a 4700	6 – 0°C
Nival	Mayor a 4700	Menor a 0°C

<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf>

El índice de Lang arroja información importante ya que toma como variables de entrada la precipitación media anual en milímetros y la temperatura media anual en °C para generar un coeficiente llamado el Factor de Lang el cual describe las condiciones de humedad (CRQ, CVC, CARDER, 2018).

Tabla 11 Factor de Lang

FACTOR DE HUMEDAD	FACTOR DE LANG (P mm/T °C)
Desértico	0 a 20
Árido	20,1 a 40
Semiárido	40,1 a 60
Semihúmedo	60,1 a 100

Húmedo	100,1 a 160
Superhúmedo	Mayor a 160

<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf>

Al relacionar la clasificación de Caldas y el factor de Lang, se obtienen nuevas categorías de clasificación de las zonas ambientales, donde se usaron como variables la Temperatura, La Precipitación y la Altura asnm dando elementos de zonificación que compone los datos de clima necesarios para la ubicación y adaptabilidad de los modelos productivos y sus especies.

4.6.2 Modelos de producción sostenible

Después de identificar las diferentes zonas con las categorías de relación de sistema productivo, área de conservación o restauración, conflicto de uso del suelo y clasificación ambiental se debe generar una propuesta de diseño productivo que aporte a la recuperación o mejoramiento de las condiciones del suelo y que a su vez sean especies con capacidad de adaptación al ecosistema donde se requiere. Los modelos de producción sostenible se asignaron a las zonas teniendo en cuenta las condiciones de Temperatura, Precipitación (Caldas – Lang), para cultivos Permanentes, Transitorios o Heterogéneo Agropecuario, que se encuentren en áreas de restauración y presenten un conflicto de uso por sobreutilización o subutilización.

La tabla 12 muestra las diferentes especies más utilizadas para procesos de restauración y conservación del suelo, sus características importantes para manejos productivos o conservación ambiental y un rango de adaptabilidad con relación a la altura sobre el nivel del mar (asnm)

Tabla 12 Especies de árboles más usados en sistemas agroforestales o silvopastoriles

ESPECIE	ADAPTACIÓN (msnm)	USOS PRINCIPALES
Acacia mangium	0 – 1650	Maderable, recuperación de suelos, en sistemas silvopastoriles y agroforestales.
Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)	1100 - 3200	Maderable, abono verde, protección de cuencas, sombrío en el café, en sistemas silvopastoriles de clima frío.
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	0 - 1300	Alimento, leña, ornamental, en sistemas silvopastoriles
Acacia forrajera (<i>Leucaena leucocephala</i>)	0 - 1800	Fertilizante natural del suelo (abono verde fijador de nitrógeno), forraje, sombrío en el café y cacao, en sistemas silvopastoriles.
Acacia roja (<i>Delonix regia</i>)	0 - 1500	Ornamental, Leña, sombrío en el café. Sistemas silvopastoriles
Balú (<i>Erythrina edulis</i>)	1200 - 2500	Consumo humano y animal. Forraje de gran valor proteico, recuperación de suelos, cercas vivas, sombrío del cultivo de café.
Cámbulo (<i>Erythrina fusca</i>)	600 - 1700	Sombrío del café, protección de nacimientos de agua, cercas vivas.
Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)	0 - 1500	Maderable, sombrío en el café y cacao, en sistemas silvopastoriles.
Carbonero gigante (<i>Ibizzia carbonaria</i>)	700 - 1700	Fertilizante natural del suelo (abono verde fijador de nitrógeno), sombrío en el café.
Cedro nogal (<i>Juglans neotropica</i>)	1000 - 3000	Maderable, sombrío en el café y cacao, en sistemas silvopastoriles como especie maderable.
Cedro rosado (<i>Cedrela odorata</i>)	0 - 2000	Maderable, sombrío en el café y cacao, en sistemas silvopastoriles.
Guamo rabo de mico (<i>Inga edulis</i>)	0 - 1600	Sombrío en el café, protección de cuencas, fertilización natural del suelo (abonos verdes).
Guamo machete (<i>inga densiflora</i>)	1 - 1600	Sombrío en el café, protección de cuencas, fertilización natural del suelo (abonos verdes).
Iguá (<i>Pseudosamanea guachapele</i>)	0 - 1650	Cercas vivas, control de erosión, sombrío en el cultivo de café.
Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)	0 - 1600	Fijación de nitrógeno, cercas vivas, bancos de forrajes, en sistemas silvopastoriles, otros
Melina (<i>Gmelina arborea</i>)	0 - 1500	Maderable, sombrío en café y cacao.
Ocobo ó flor morado (<i>Tabebuia rosea</i>)	0 - 1700	Maderable, ornamental, sombrío en el café y cacao, en sistemas silvopastoriles
Nogal cafetero (<i>Cordia a/Jiodora</i>)	0 - 1900	Maderable, sombrío en café y cacao, como maderable en sistemas silvícolas
Samán (<i>Enterolobium saman</i>)	0 - 1300	Maderable, sombrío en el café, cerca viva.

Tachuelo (Xi/asma spiculiferum)	1000 - 3000	Cercas vivas, control de erosión, sombrío en el cultivo de café.
--	-------------	--

(CAR, 2013)

La inclusión del árbol en el sistema productivo aporta en gran medida a la recuperación de los ecosistemas teniendo en cuenta que se deben priorizar las especies nativas, de acuerdo a su adaptabilidad a las condiciones de clima y su utilidad en el ecosistema, de ese modo según corresponda se asignaran a las categorías descritas en la Zonificación 2.

De igual forma los abonos verdes son un complemento importante en los procesos de restauración y/o aumento de la productividad del sistema agropecuario, siendo estas especies con rangos amplios de adaptabilidad y aportes importantes de nitrógeno y materia orgánica entre otros elementos, a continuación se presentan especies de plantas que funcionan como abono verde donde algunos se caracterizan por tener productos comerciales como el frijol, soya, sorgo, entre otros, con niveles de adaptabilidad amplios y capacidad de resiliencia frente a condiciones hostiles.

La tabla 13 muestra las diferentes especies que tienen cualidades de aporte nutricional al suelo denominadas abonos verdes o abonos vivos, algunas presentan otras cualidades como precocidad y rebrote, sin embargo las especies a seleccionar dependen del uso que se quiera dar, bien sea para producción o para restauración o conservación, se relaciona el piso térmico en el cual la especie tiene un buen desarrollo biológico y su densidad de siembra.

Tabla 13 Especies de Abonos Verdes más utilizadas

ESPECIE	FAMILIA	DENSIDAD DE SIEMBRA	PISO TÉRMICO
Nabo Forrajero	Crucífera	15 -20	Frío – Medio
Pauche	Compuesta		Medio - Cálido

Girasol	Compuesta	35 – 40	Medio - Cálido
Avena negra	Gramínea	60	Frío
Avena Caldas	Gramínea	60 – 80	Frío
Pega - Pega	Leguminosa		Medio - Cálido
Crotalaria	Leguminosa	40 -50	Medio - Cálido
Maní Forrajero	Leguminosa	20 -30	Medio - Cálido
Batatilla	Convolvulácea		Medio - Cálido
Chipaca	Compuesta		Medio - Cálido
Suelda con Suelda	Commelinácea		Medio - Cálido
Bledo	Amarantácea		Medio - Cálido
Mucuna	Leguminosa		Medio - Cálido
Frijol Guatecano	Leguminosa	20 – 25	Medio - Cálido
Lupino	Leguminosa	90 -100	Medio - Cálido
Vicia	Leguminosa	30	Frío - Cálido
Canavalia	Leguminosa	30 – 35	Medio - Cálido
Soya	Leguminosa	30 – 40	Cálido
Centeno	Gramínea	80 – 100	Medio - Cálido
Caupí	Leguminosa	50 – 60	Medio - Cálido
Sorgo	Leguminosa	15 – 20	Medio - Cálido
Millo	Gramínea	20 – 22	Medio - Cálido
Maíz Forrajero	Gramínea	30 – 40	Frío - Medio - Cálido
Colza	Crucífera	10 – 12	Frío
Tefrosia	Leguminosa		Medio - Cálido

(CAR, 2013)

Los modelos de producción sostenible deben implementarse en conjunto para que los procesos sean más eficientes en la recuperación del suelo, según el suelo sea para recuperación en conflicto de subutilización o sobreutilización se plantean las prácticas posibles y más beneficiosas para la recuperación y conservación del suelo, las

recomendaciones hechas se basan en buscar las prácticas completamente necesarias en las condiciones en que se presenta la zona.

La definición de las especies a implementar depende de la zonificación ambiental de Caldas Lang para identificar qué tipos de variables ambientales contamos en la cuenca del Ríoseco y así determinar su nivel de adaptabilidad. Los modelos propuestos se agrupan según la condición climática óptima de desarrollo y se cruza con las necesidades de implementación según corresponda con la zonificación 2.

Producto de este ejercicio se podrán identificar las zonas donde se presente el uso actual a nivel productivo, su conflicto de uso y su situación con el tema ambiental, donde se relaciona una propuesta de modelo de implementación de sistemas productivos sostenibles complementarios a la actividad agropecuaria que se realice y que aporte a la recuperación y conservación del suelo.

La tabla 14 relaciona el resultado de la zonificación 2 correspondiente a tipo de cultivo, conflicto de uso y condición ambiental con algunas técnicas de manejo sostenible complementarias a los sistemas productivos o los procesos de conservación, como resultado genera un código que define las prácticas mínimas que se deben implementar con el fin de mejorar las prácticas de conservación del ecosistema de la cuenca

Tabla 14 Sistemas de Producción Sostenible según categoría de Zonificación 2 y asignación de código de modelo productivo sostenible

Zonificación 2	Abono Verde	Árbol	Rotación Cultivos	Labranza Mínima	CÓDIGO
Per-Sobre-Cons	X-Rest				AvR
Per-Sub-Cons	X-Rest	X-Cons			AvR-ArC
Per-SC-Cons	X-Rest	X-Cons			AvR-ArC

Per-Conf_agua-Cons	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Per-Sobre-Rest	X-Rest				AvR
Per-Sub-Rest	X-Rest	X-Rest	X-Asoc	X	AvR-ArR-CuAs-Lm
Per-SC-Rest	X-Rest	X-Rest	X-Asoc	X	AvR-ArR-CuAs-Lm
Per-Conf_agua-Rest	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Per-Sobre-Prod	X-Fert				AvF
Per-Sub-Prod	X-Fert	X-Prod	X-Asoc	X	AvF-ArP-CuAs-Lm
Per-SC-Prod	X-Fert	X-Prod	X-Asoc	X	AvF-ArP-CuAs-Lm
Per-Conf_agua-Prod	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Tr-Sobre-Cons	X-Rest				AvR
Tr-Sub-Cons	X-Rest	X-Cons		X	AvR-ArC-Lm
Tr-SC-Cons	X-Rest	X-Cons		X	AvR-ArC-Lm
Tr- Conf_agua-Cons	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Tr-Sobre-Rest	X-Rest				AvR
Tr-Sub-Rest	X-Rest	X-Rest	X-Asoc	X	AvR-ArR-CuAs-Lm
Tr-SC-Rest	X-Rest	X-Rest	X-Asoc	X	AvR-ArR-CuAs-Lm
Tr- Conf_agua-Rest	CONS	X-Cons			Cons-ArR
Tr-Sobre-Prod	X-Fert			X	AvF-Lm
Tr-Sub-Prod	X-Fert	X-Prod	X-Asoc	X	AvF-ArP-CuAs-Lm
Tr-SC-Prod	X-Fert	X-Prod	X-Asoc	X	AvF-ArP-CuAs-Lm
Tr- Conf_agua-Product	CONS	X-Cons		X	ArC-Lm
Het_Agrop -Sobre-Cons	X-Rest			X	AvR-Lm
Het_Agrop -Sub-Cons	X-Rest	X-Cons	X-Asoc	X	AvR-ArC-CuAs-Lm
Het_Agrop -SC-Cons	X-Rest	X-Cons	X-Asoc	X	AvR-ArC-CuAs-Lm
Het_Agrop- Conf_agua-Cons	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Het_Agrop -Sobre-Rest	X-Rest			X	AvR-Lm
Het_Agrop -Sub-Rest	X-Rest	X-Rest	X-Asoc	X	AvR-ArR-CuAs-Lm
Het_Agrop -SC-Rest	X-Rest	X-Rest	X-Asoc	X	AvR-ArR-CuAs-Lm
Het_Agrop- Conf_agua-Rest	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Het_Agrop -Sobre-Prod	X-Fert			X	AvF-Lm
Het_Agrop -Sub-Prod	X-Fert	X-Prod	X-Asoc	X	AvF-ArP-CuAs-Lm
Het_Agrop -SC-Prod	X-Fert	X-Prod	X-Asoc	X	AvF-ArP-CuAs-Lm
Het_Agrop- Conf_agua-Product	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Conserv-Sobre-Cons	CONS				Cons
Conserv-Sub-Cons	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Conserv-SC-Cons	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Conserv-Conf_Agua-Cons	CONS	X-Cons			Cons-ArC
Conserv-Sobre-Rest	CONS	X-Rest			Cons-ArR
Conserv-Sub-Rest	CONS	X-Rest			Cons-ArR
Conserv-SC-Rest	CONS	X-Rest			Cons-ArR
Conserv-Conf_Agua-Rest	CONS	X-Rest			Cons-ArR
Conserv-Sobre-Prod	X-Fert			X	AvF-Lm
Conserv-Sub-Prod	X-Fert	X-Prod		X	AvF-ArP-Lm
Conserv-SC-Prod	X-Fert	X-Prod		X	AvF-ArP-Lm
Conserv-Conf_Agua-Prod	CONS	X-Cons			Cons-ArC
AvR	Abonos verdes para Restauración que tienen características importantes para la recuperación de suelos por sus aportes de materia orgánica o nutrientes				

	y/o conservación de fauna silvestre por aportes de flores y frutos, especies nativas del ecosistema
AvF	Abonos verdes para Fertilidad tienen características de aportes de nutrientes en gran proporción y/o materia orgánica, alta precocidad en el crecimiento, adaptabilidad y resiliencia, hábitos de fácil crecimiento y reproducción, a veces tienden a tener comportamientos invasivos
ArC	Arboles con características de Conservación de cuencas, porte de estratos altos, maderas duras, Retención de humedad, raíces profundas, especies nativas del ecosistema
ArR	Árboles o arbustos de Restauración con características de conservación de cuencas, de restauración de ecosistemas, portes de todos los estratos, caducifolios, flores y frutos atractivos para la fauna silvestre
ArP	Árboles o arbustos de Producción de porte medio y bajo con características de generar productos comerciales para consumo, deben tener un manejo tipo cultivo Manejo Integral de Plagas y Enfermedades MIPE y Buenas Practicas Agropecuarias BPA, Practicas de Agricultura Orgánica Agroecología.
CuAs	Cultivos Asociados son generalmente transitorios que se siembran junto con el cultivo principal, haciendo una asociación entre abono verde para el cultivo y producto de consumo comercial adicional, En Sistemas Agroforestales SAF se manejan asociaciones con cultivos permanentes (Frutales, forestales, Forrajes) y transitorios (Leguminosas, Cereales, Forrajes)
Lm	Labranza mínima son prácticas de manejo del suelo donde el principio parte de hacer el mínimo movimiento del suelo, Siembra directa, hueco por planta, Cíncel Vibratorio para descompactado y penetración de agua, Siembra al voleo
Rest	Restauración se refiere a áreas que tengan la capacidad de volver a recobrar sus características de uso a través de prácticas de restauración de suelos
Prod	Producción se refiere a áreas en las cuales se pueden realizar implementaciones agropecuarias /
Asoc	Asociativo se refiere a cultivos que puedan asociarse al cultivo principal, brindando un beneficio para el cultivo y una alternativa de ingresos

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zonificación ambiental parte de organizar y analizar la información existente y generada sobre un área que caracteriza un diagnóstico del estado del ambiente en el territorio, por lo que una zonificación ambiental debe proponer primeramente las áreas que deben dejarse en conservación y cuales deben restaurarse para conservación o recuperarse para producción sostenible, este proceso brinda herramientas de gestión ambiental a nivel de la planificación y ordenamiento territorial (CAR-UNAL, 2004).

La identificación de las áreas que presenten estados degradados o algún conflicto de uso en su actividad deben priorizarse en cuanto a la inclusión de técnicas de producción sostenible o prácticas de conservación o restauración, ya que los suelos presentan altos grados de erosión y pérdidas en su potencial natural afectando negativamente el entorno económico y social de la cuenca.

A continuación se presenta los diseños y técnicas de producción sostenible que se pueden complementar con los sistemas productivos, zonas de restauración de la conservación y zonas de protección

5.1 ADAPTACIÓN DE LOS MODELOS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN

Las especies a usar para realizar los procesos de restauración o de inclusión de técnicas de manejo sostenible en las áreas de producción tienen diferentes rangos de adaptación con respecto a la temperatura y la precipitación, el modelo de Caldas Lang brinda la información necesaria para identificar el nivel de adaptabilidad de las especies a utilizar.

5.1.1 Zonificación Climática Caldas Lang en la cuenca del Ríoseco

La cuenca presenta una zonificación con un rango de climas amplio, desde cálido semiárido y árido, hasta frío semihúmedo pasando por clima templado con clasificación de humedad de semihúmedo y semiárido.

En la tabla 15 se muestra la distribución de las zonas climáticas Caldas Lang en la cuenca y su porcentaje con respecto al área total de la cuenca, se identifica que la mayor cobertura de la cuenca corresponde a un clima cálido semiárido con un 47% y 1.040.298.821 ha, seguido

de cálido semihúmedo con un 27% y 599.456.861 ha y templado semiárido con un 12.8% y 1042980821 ha, lo cual corresponde a que es una zona que maneja temperaturas altas y baja precipitación.

Tabla 15 Área correspondiente a la clasificación Caldas Lang y el porcentaje en la cuenca

Clds-Lng	ÁREA (ha)	% ÁREA
Cálido Árido	6351	2,9
Cálido Semiárido	104029	47,0
Cálido Semihúmedo	59945	27,1
Templado Semiárido	28236	12,8
Templado Semihúmedo	19364	8,8
Frio Semihúmedo	3297	1,5
Total Área	221225	100

Se identifica que las condiciones del clima en la cuenca obedece principalmente a una zona con temperaturas altas y bajas precipitaciones, suelos con procesos erosivos y baja fertilidad, lo cual es un ecosistema que requiere de especies que tengan características de adaptabilidad y resiliencia importantes.

Las especies a seleccionar para cada una de las implementaciones deben tener características de tolerancia a tiempos secos y en su mayoría especies con rangos de temperatura amplios, además de tener características de aportes importantes de materia orgánica, adaptabilidad a suelos erosionados y alta precocidad en el crecimiento para realizar varios ciclos de producción en el tiempo.

En la figura 3 se representa la cuenca del Ríoseco con la zonificación de Caldas Lang, donde aparecen 6 categorías con características de temperatura de cálido, templado y un área menor de frío, regímenes de humedad de árido, semiárido y semihúmedo, información importante para determinar las especies a utilizar y su posible nivel de adaptabilidad.

5.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y ÁREAS CON CONFLICTO DE USO EN LA CUENCA RÍO SECO

En la cuenca se diferencian sistemas de cultivos transitorios, permanentes, áreas heterogéneas y zonas de conservación, distribuidas a lo largo de la cuenca, en la Figura 4 se muestra la distribución espacial.

La figura 4 muestra la distribución espacial que tienen los diferentes tipos de cultivo, los permanentes, transitorios, áreas heterogéneas y áreas de conservación siendo la cuenca un territorio diverso donde se encuentran variados usos del suelo y zonas importantes para la conservación

A tabla 16 muestra el porcentaje de área que ocupa cada tipo de cultivo, siendo el de mayor relevancia los cultivos permanentes con un 27%, seguido de áreas heterogéneas con 22% y cultivos transitorios con un 15%.

Tabla 16 Tipos de cultivo presentes en la cuenca y su área con respecto al total

CATEGORÍA	ÁREA (ha)	% ÁREA
Cult. PERMANENTES	59884,2764	27,0693826
Cult. TRANSITORIOS	33748,2757	15,2551729
HETEROGÉNEO AGROPECUARIO	49688,6883	22,4606892

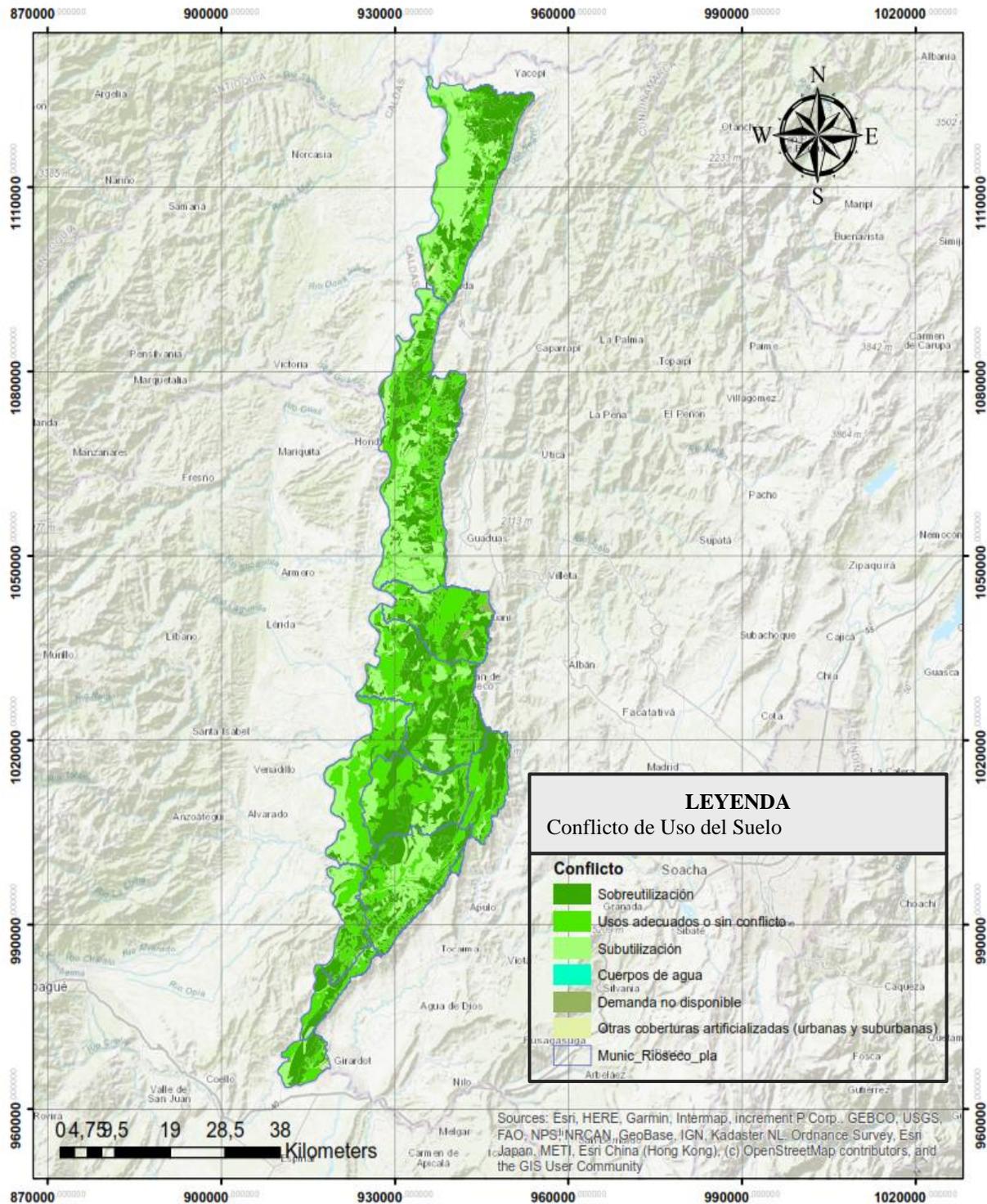
Una vez identificados los tipos de cultivo se realiza el proceso de zonificación 1 donde involucra el conflicto de uso del suelo y su nivel de impacto en la conservación ambiental y ordenamiento del territorio, generando nuevos elementos de análisis al mapa de zonificación y el diseño de modelos sostenibles de producción y conservación.

La figura 5 nos muestra la distribución de los conflictos de uso de la cuenca, actividades de sobreutilización, subutilización y sin conflicto principalmente, donde en la tabla 17 se evidencia que la mayor área en conflicto corresponde a actividades de sobreutilización con un 42%, seguido de uso adecuado o sin conflicto con un 32%.

Tabla 17 Tipo de conflicto de uso del suelo presente en la cuenca y su porcentaje de ocupación en área

CONFLICTO DE USO	ÁREA	% ÁREA
Cuerpos de agua	360,833395	0,16310688
Demanda no disponible	590,902594	0,26710465
Otras coberturas artificiales	417,127917	0,18855359
Sobreutilización	93221,6194	42,1388023
Subutilización	55236,9628	24,9686658
Usos adecuados o sin conflicto.	71397,6819	32,2737668
TOTAL ÁREA	221225,128	100

Figura 5 Mapa de conflicto de uso por sobreutilización, subutilización, sin conflicto, conflicto en cuerpos de agua y otras areas



Teniendo como base la generación de categorías por tipo de cultivo (Permanentes, Transitorios, conservación, heterogéneo agropecuario) del mapa de oferta ambiental y el conflicto por el uso del suelo (Sobreutilización, subutilización, cuerpos de agua y sin conflicto) se genera la zonificación 1 con el fin de identificar que sistemas productivos están afectando o no la conservación del suelo.

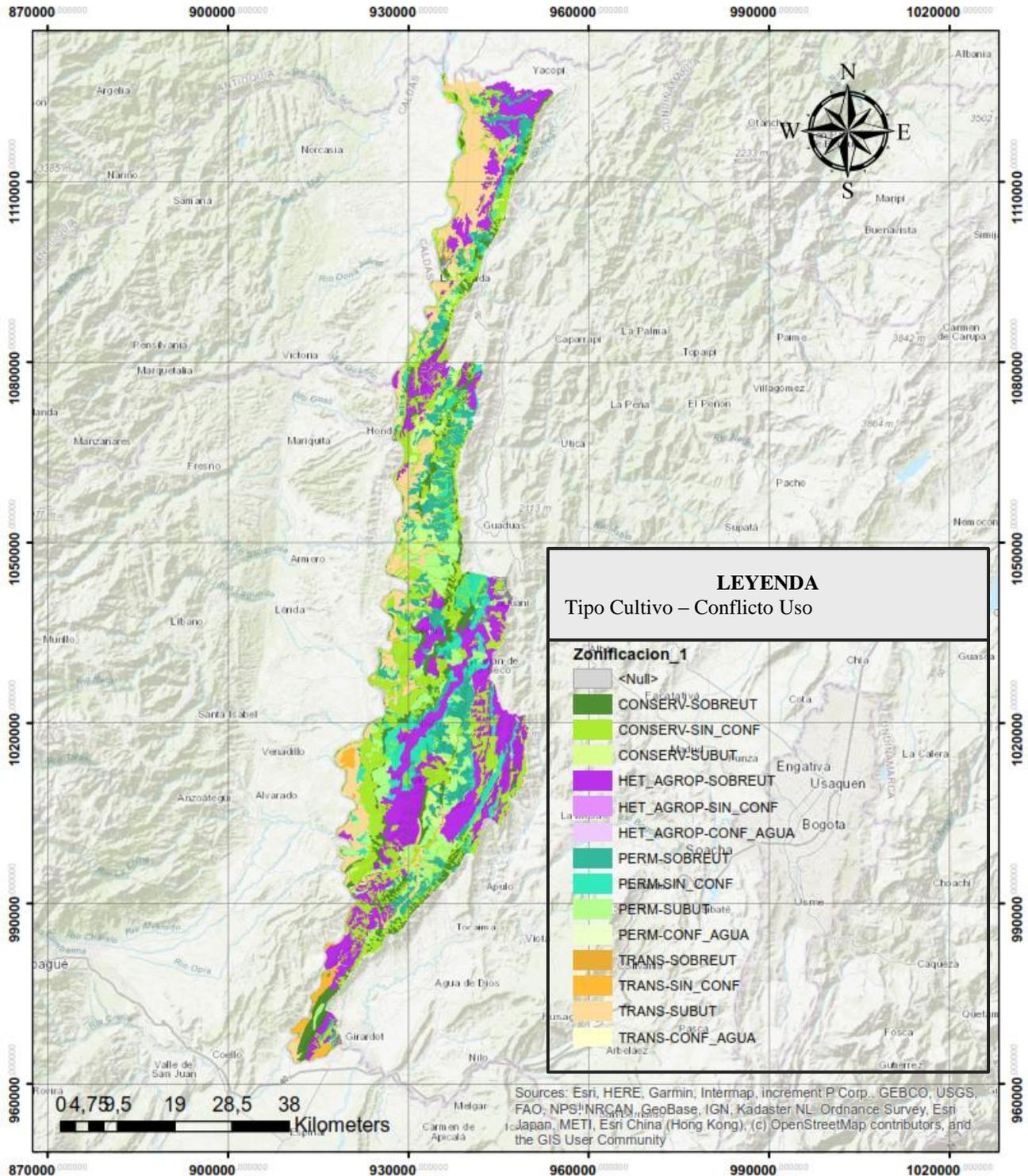
En la Figura 6 se muestra la distribución de los sistemas productivos que presentan algún conflicto de uso, entendiendo este último como aquellas prácticas que se realizan en zonas donde presenta otra vocación o que tiene condicionamientos ambientales para prácticas productivas o de conservación.

La tabla 18 muestra las categorías generadas posterior al proceso de zonificación 1, siendo más representativa la categoría de Heterogéneo Agropecuario – Sobreutilizado con el 22,24% del área, seguido de Transitorios – Subutilizados con el 13,79%, Permanente – Sobreutilizado con el 12,64% y Permanente – Subutilizado con el 8,16% principalmente.

Tabla 18 Categoría de zonificación 1 y su porcentaje de área con relación al total de la cuenca

CATEGORÍA	ÁREA (ha)	% ÁREA
HET_AGROP-SOBREUT	49200	22,24
PERM-SIN_CONF	13701	6,19
PERM-SOBREUT	27963	12,64
PERM-SUBUT	18057	8,16
TRANS-SIN_CONF	2643	1,19
TRANS-SOBREUT	280	0,13
TRANS-SUBUT	30511	13,79
TOTAL ÁREA	221225	100

Figura 6 Zonificación 1 Sistemas productivos agropecuarios caracterizados con algún conflicto de uso en la cuenca del Río seco y otros directos al Magdalena



5.3 ZONIFICACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROPECUARIOS CON ALGUNA CONFLICTO DE USO EN ÁREAS PARA RESTAURACIÓN O PROTECCIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO SECO

Teniendo en cuenta la zonificación 1 (Figura 6) que muestra los sistemas productivos con conflicto de uso, se agrega el componente ambiental para identificar las áreas que se encuentran en protección, protegidas, para restauración o para producción. La Figura 7 muestra la ubicación espacial de estos polígonos.

Esta zonificación ayuda a diferenciar el contexto en el que se encuentran los sistemas productivos transitorios, permanentes y heterogéneos agropecuarios en el área ambiental y de conservación del suelo, elementos claves para tener más capacidad de análisis en la recomendación de los modelos de producción sostenible.

Diferentes experiencias de investigación reportadas establecen que la zonificación agroecológica relaciona la clasificación y representación espacial con respecto a la aptitud que tenga el suelo y su uso determinado, sin embargo, cada zona de estudio tiene diferentes particularidades con relación a la información ambiental disponible y el conocimiento de las necesidades agroecológicas de las especies (Portilla & al, 2006).

La restauración ecológica tiene 2 visiones, una visión fundamentalista que parte de considerar la restauración como el regreso de las condiciones naturales originales en cuanto a su oferta de servicios ecosistémicos iniciales, sin embargo, no siempre se puede retornar a que el ecosistema vuelva a su condición inicial, depende del nivel de perturbación que se haya realizado, una segunda opción es restablecer los principales servicios ambientales

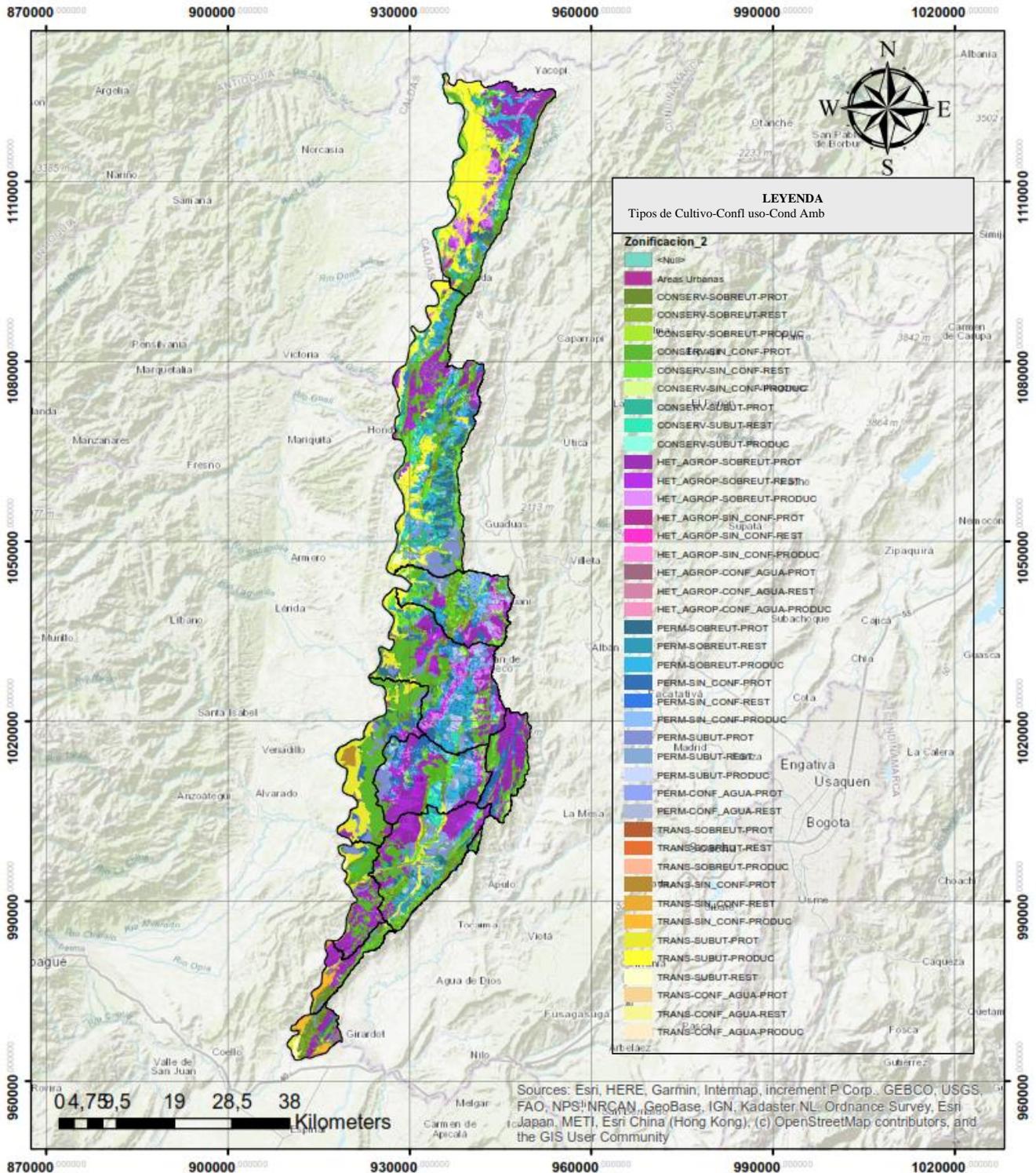
como la fertilidad, biodiversidad, ciclos hidrológicos entre otros que puedan ser aprovechados por las comunidades para producción sostenible (C.Ramirez Lara, 2020)

La cuenca muestra que existen sistemas productivos en áreas que presentan algún conflicto y se encuentran en áreas de conservación o restauración, áreas que necesitan de una reconversión hacia métodos de producción más sostenibles y orgánicos siendo imprescindible iniciar estrategias pedagógicas comunitaria y productivas para que la reconversión de la producción se consolide en los productores.

De igual forma contribuye a los escenarios de planificación municipal o regional donde se pueda definir las acciones concretas en términos de producción sostenible y las áreas prioritarias para implementación según su contexto ambiental y de conservación del suelo, con el fin de contribuir a la conservación de los servicios ecosistémicos de la región de la cuenca del Ríoseco y otros Directos al Magdalena.

La figura 7 muestra el resultado de la zonificación 2 y la distribución de las categorías por municipio, en este mapa están integrados los elementos de tipo de cultivo – conflicto de uso – Condición ambiental dando información importante que determine las técnicas sostenibles a implementar con el fin de recuperar las funciones biológicas del suelo.

Figura 7 Zonificación 2 Sistemas productivos agropecuarios con algún tipo de conflicto de uso en áreas para conservación, restauración o producción.



La tabla 19 muestra las categorías resultado de la zonificación 2 su área en hectáreas y su porcentaje con respecto al área total, la categoría de Conservación – Sin Conflicto – Área de Protección corresponde al mayor porcentaje en área con 18,41%, le sigue la categoría Heterogéneo Agropecuario – Sobreutilización – Área de Protección con 14,11%, Transitorio – Subutilizado – Área de Producción con el 7%, Permanente – Sobreutilizado – Área de Producción con 5,34%.

Estos resultados indican que la zona de conservación de la cuenca se mantiene, sin embargo existe una presión agrícola de terrenos con producción heterogénea en sobreutilización en áreas que se deberían dedicar a la protección, de igual forma zonas con cultivos transitorios en áreas con mayor potencial agrícola en áreas con vocación para la producción y cultivos permanentes con sobreutilización del suelo en áreas que se pueden dedicar a la producción.

Tabla 19 Distribución del porcentaje de área de las categorías resultado de la zonificación2

CATEGORÍA	ÁREA (ha)	% ÁREA
<Null>	893	0,40
Áreas Urbanas	1114	0,50
CONSERV-SIN_CONF-PRODUC	3174	1,43
CONSERV-SIN_CONF-PROT	40725	18,41
CONSERV-SIN_CONF-REST	11066	5,00
CONSERV-SOBREUT-PRODUC	1038	0,47
CONSERV-SOBREUT-PROT	10779	4,87
CONSERV-SOBREUT-REST	3931	1,78
CONSERV-SUBUT-PRODUC	700	0,32
CONSERV-SUBUT-PROT	3409	1,54
CONSERV-SUBUT-REST	2358	1,07
HET_AGROP-CONF_AGUA-PRODUC.	1	0,00
HET_AGROP-CONF_AGUA-PROT	21	0,01
HET_AGROP-CONF_AGUA-REST	2	0,00
HET_AGROP-SIN_CONF-PRODUC	5	0,00
HET_AGROP-SIN_CONF-PROT	5	0,00

HET_AGROP-SIN_CONF-REST	2	0,00
HET_AGROP-SOBREUT-PRODUC	6316	2,85
HET_AGROP-SOBREUT-PROT	31230	14,11
HET_AGROP-SOBREUT-REST	11639	5,26
PERM-CONF_AGUA-PROT	19	0,01
PERM-CONF_AGUA-REST	2	0,00
PERM-SIN_CONF-PRODUC	4455	2,01
PERM-SIN_CONF-PROT	7238	3,27
PERM-SIN_CONF-REST	1984	0,90
PERM-SOBREUT-PRODUC	11824	5,34
PERM-SOBREUT-PROT	10799	4,88
PERM-SOBREUT-REST	5076	2,29
PERM-SUBUT-PRODUC	3062	1,38
PERM-SUBUT-PROT	10513	4,75
PERM-SUBUT-REST	4466	2,02
TRANS-CONF_AGUA-PRODUC	36	0,02
TRANS-CONF_AGUA-PROT	236	0,11
TRANS-CONF_AGUA-REST	39	0,02
TRANS-SIN_CONF-PRODUC	1158	0,52
TRANS-SIN_CONF-PROT	1284	0,58
TRANS-SIN_CONF-REST	148	0,07
TRANS-SOBREUT-PRODUC	157	0,07
TRANS-SOBREUT-PROT	14	0,01
TRANS-SOBREUT-REST	30	0,01
TRANS-SUBUT-PRODUC	15494	7,00
TRANS-SUBUT-PROT	10840	4,90
TRANS-SUBUT-REST	3974	1,80
TOTAL ÁREA	221257	100,00

Luego de diagnosticadas las áreas a partir de la zonificación 2 se cuentan con elementos importantes para la definición de técnicas de producción sostenible que pueden ser asignadas dependiendo de la condición en que se encuentre, para este trabajo se le da prioridad a las áreas de conservación y protección dando herramientas para el uso de especies dirigidas a cumplir este objetivo, igualmente para las zonas de restauración que se trata de integrar técnicas y especies que cumplan objetivos a nivel de fauna y flora, por último se generan

propuestas de reconversión en las técnicas de producción incluyendo herramientas como la agricultura orgánica, los abonos verdes y prácticas de mínima labranza.

5.4 DEFINICIÓN DE MODELOS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA CUENCA DEL RÍO SECO

Según el resultado del geo procesamiento de la Zonificación 2 se identificó los sistemas productivos con algún tipo de conflicto en áreas de protección, restauración o producción, dando la posibilidad de asignar según corresponde el modelo de producción sostenible que puede complementar la actividad productiva acorde a las condiciones ambientales y de conservación del suelo.

La tabla 20 da a conocer los códigos de los modelos a implementar por cada categoría resultado de la zonificación 2, estos se asignaron dependiendo de la vocación de uso del suelo principalmente, respetando las áreas de conservación y protección, proponiendo especies y manejos para restauraciones de condiciones ambientales, recomendaciones de prácticas de fertilización con abonos verdes para aumentar los rendimientos y cultivos asociados en áreas subutilizadas. Los modelos se acompañan de características importantes que se deben tener en cuenta al momento de definir el objetivo de la implementación, bien sea para restauración, conservación o producción.

Tabla 20 Asignación de códigos de modelos de producción sostenible complementarios a la actividad productiva según zonificación 2

Ítem	Zonificación 2	Código Modelo	Características
1	Tr- Conf_agua-Produc	ArC-Lm	Son áreas que tienen producción de cultivos transitorios en cuerpos de agua o rondas, valles de río, vegas, tienen características de aptitud para la producción. Las áreas con

			cuerpos de agua tienen mayor prioridad hacia la Conservación
2	Per-Sobre-Prod	AvF	Son áreas con cultivos permanentes en conflicto por sobreutilización en áreas para la producción según POMCA, por lo cual no se prioriza hacer más siembras de árboles o cultivos asociados, tiene un componente de mayor importancia, Los Abonos Verdes para la Fertilidad AVF.
3	Per-Sub-Prod	AvF-ArP-CuAs-Lm	Son áreas con cultivos Permanentes, Transitorios, Heterogéneo Agropecuario en condiciones de Subutilización o sin conflicto en áreas para la Producción, por lo cual posiblemente se pueden implementar arboles Productivos, abonos verdes para fertilidad, cultivos asociados productivos y prácticas de labranza mínima. Son áreas que tienen condiciones y aptitud para la producción.
4	Per-SC-Prod		
5	Tr-Sub-Prod		
6	Tr-SC-Prod		
7	Het_Agrop -SC-Prod		
8	Conserv-Sub-Prod		
9	Conserv-SC-Prod	AvF-ArP-Lm	Son zonas de conservación con subutilización o sin conflicto en áreas para producción (POMCA), se prioriza la conservación, de lo contrario hacer producción con abonos verdes para fertilidad, arboles productivos y labranza mínima, son zonas aptas para la producción pero se encuentran en áreas de conservación
10	Tr-Sobre-Prod	AvF-Lm	Cultivos Transitorios, heterogéneo agropecuario y conservación en áreas con sobreutilización en áreas de producción, implementación con abonos verdes para fertilización y labranza mínima, son áreas aptas para la producción pero se encuentran en sobreutilización
11	Het_Agrop -Sobre-Prod		
12	Conserv-Sobre-Prod		
13	Per-Sobre-Cons	AvR	Son áreas con cultivos permanentes y transitorios en áreas con sobreutilización en zonas para conservación o restauración, la implementación de abonos verdes para restauración, aislamiento de zonas de conservación, no se recomienda nuevas implementaciones de cultivos, hacer prácticas de restauración y conservación, resiembras plantas nativas. No son áreas aptas para la producción, se encuentran en áreas de importancia estratégica o en restauración.
14	Per-Sobre-Rest		
15	Tr-Sobre-Cons		
16	Tr-Sobre-Rest		
17	Per-Sub-Cons		
18	Per-SC-Cons	AvR-ArC-CuAs-Lm	Son áreas con cultivos permanentes y heterogéneo agropecuario con conflicto de uso por subutilización y sin conflicto en áreas definidas para la conservación (POMCA), se prioriza la conservación del ecosistema, sin embargo, prácticas para reconversión con abonos verdes para restauración, árboles para conservación, cultivos asociados para ingresos alternos y labranza mínima. Son áreas definidas para la conservación con cultivos permanentes y heterogéneos sin conflicto de uso o con subutilización. No son áreas con aptitud para la producción y se encuentran en áreas de conservación.
19	Het_Agrop -SC-Cons		
20	Tr-Sub-Cons		
21	Tr-SC-Cons	AvR-ArC-Lm	Cultivos transitorios, con conflicto de uso de subutilización y sin conflicto en áreas para conservación (POMCA), se prioriza la conservación, si existen cultivos implementar abonos verdes de restauración y árboles para la conservación con labranza mínima del suelo, son cultivos en áreas para conservación
22	Per-Sub-Rest	AvR-ArR-CuAs-Lm	Cultivos permanentes, transitorios y heterogéneos agropecuarios en zonas con conflicto por subutilización o
23	Per-SC-Rest		

24	Tr-Sub-Rest		sin conflicto en áreas para Restauración (POMCA). Son
25	Tr-SC-Rest		áreas que prioriza prácticas de restauración con abonos
26	Het_Agrop -SC-Rest		verdes para restauración, implementación de árboles para
27	Het_Agrop -Sobre-Cons		restauración, cultivos asociados y labranza mínima
28	Het_Agrop -Sobre-Rest	AvR-Lm	Áreas con cultivos heterogéneos agropecuarios en zonas
29	Conserv-Sobre-Cons	Cons	con conflicto de uso por sobreutilización en áreas para
30	Per-Conf_agua-Cons		conservación y restauración, los abonos verdes para
31	Per-Conf_agua-Rest		restaurar y labranza mínima
32	Tr- Conf_agua-Cons		Zonas de conservación con conflicto de uso por
33	Tr- Conf_agua-Rest		sobreutilización en zonas de conservación, prioridad de
34	Het_Agrop- Conf_agua-Cons	Cons-ArC	conservación, aislamiento
35	Het_Agrop- Conf_agua-Rest		Son zonas con cultivos permanentes, transitorios
36	Het_Agrop- Conf_agua-Product		heterogéneo agropecuario con conflicto con cuerpos de
37	Conserv-Sub-Cons		agua en zonas para conservación o restauración, las zonas
38	Conserv-SC-Cons		de conflicto con cuerpos de agua tienen prioridad de
39	Conserv-Sobre-Rest		conservación, por lo cual se recomienda conservar, aislar,
40	Conserv-Sub-Rest	Cons-ArR	siembras de árboles para conservación, no son zonas para
41	Conserv-SC-Rest		producción se prioriza la conservación de cuerpos de agua
AvR	Abonos verdes para Restauración que tienen características importantes para la recuperación de suelos por sus aportes de materia orgánica o nutrientes y/o conservación de fauna silvestre por aportes de flores y frutos, especies nativas del ecosistema		
AvF	Abonos verdes para Fertilidad tienen características de aportes de nutrientes en gran proporción y/o materia orgánica, alta precocidad en el crecimiento, adaptabilidad y resiliencia, hábitos de fácil crecimiento y reproducción, a veces tienden a tener comportamientos invasivos		
ArC	Arboles con características de Conservación de cuencas, porte de estratos altos, maderas duras, Retención de humedad, raíces profundas, especies nativas del ecosistema		
ArR	Árboles o arbustos de Restauración con características de conservación de cuencas, de restauración de ecosistemas, portes de todos los estratos, caducifolios, flores y frutos atractivos para la fauna silvestre, especies nativas del ecosistema		
ArP	Árboles o arbustos de Producción de porte medio y bajo con características de generar productos comerciales para consumo, deben tener un manejo tipo cultivo Manejo Integral de Plagas y Enfermedades MIPE y Buenas Prácticas Agropecuarias BPA, Prácticas de Agricultura Orgánica Agroecología.		
CuAs	Cultivos Asociados son generalmente transitorios que se siembran junto con el cultivo principal, haciendo una asociación entre abono verde para el cultivo y producto de consumo comercial adicional, En Sistemas Agroforestales SAF se manejan asociaciones con cultivos permanentes (Frutales, forestales, Forrajes) y transitorios (Leguminosas, Cereales, Forrajes)		
Lm	Labranza mínima son prácticas de manejo del suelo donde el principio parte de hacer el mínimo movimiento del suelo, Siembra directa, hueco por planta, Cíncel Vibratorio para des compactado y penetración de agua, Siembra al voleo		

Teniendo como base la zonificación 2 se pueden identificar los modelos de producción sostenible complementarios a la producción principal, en la cual el usuario puede contar con mayor información que le brinde capacidad de análisis para la toma de decisiones e inicie la implementación de prácticas sostenibles acordes al lugar donde se encuentra.

La propuesta de modelos de diseño compone las mínimas prácticas de manejo que deben realizarse en un sistema productivo, en un proceso de restauración o en zonas de conservación, sin embargo existen prácticas de manejo más avanzadas que pueden ayudar a solventar con más eficacia los procesos de restauración y producción en áreas hostiles, este trabajo aborda la problemática y propone algunas alternativas a implementar.

La propuesta de los modelos de producción sostenible dan elementos para que con los mismos recursos del lugar se puedan hacer implementaciones para producción, conservación o restauración, en la medida de lo posible se deben usar especies de plantas nativas y algunas introducidas bajo prácticas de manejo y monitoreo.

Se recomiendan algunas especies de abonos verdes y árboles que son frecuentemente usados en sistemas agroforestales y silvopastoriles, igualmente en procesos de restauración y de conservación, teniendo en cuenta la diferenciación y el objetivo de la implementación.

6. CONCLUSIONES

- ❖ Las zonas climáticas de Caldas Lang para la cuenca del Ríoseco y otros directos al Magdalena se encuentra principalmente en un clima cálido semiárido con un 47%

ha, seguido de cálido semihúmedo con un 27% y templado semiárido con un 12.8% y, lo cual corresponde a que es una zona que maneja temperaturas altas y baja precipitación.

- ❖ En la cuenca del Río seco y otros directos al Magdalena se encuentra que la mayor área de tipo de cultivo y conflicto de uso corresponde a la categoría de Heterogéneo Agropecuario – Sobreutilizado con el 22,24% del área, seguido de Transitorios – Subutilizados con el 13,79%, Permanente – Sobreutilizado con el 12,64% y Permanente – Subutilizado con el 8,16% principalmente.
- ❖ Los resultados de la zonificación 2 muestran que la categoría de Conservación – Sin Conflicto – Área de Protección corresponde al mayor porcentaje en área con 18,41%, le sigue la categoría Heterogéneo Agropecuario – Sobreutilización – Área de Protección con 14,11%, Transitorio – Subutilizado – Área de Producción con el 7%, Permanente – Sobreutilizado – Área de Producción con 5,34%.
- ❖ Se generaron 13 modelos de producción sostenible acorde a las condiciones de tipo de cultivo, conflicto de uso del suelo y condición ambiental, estas propuestas tienen diferentes enfoques dependiendo si los objetivos de implementación se enmarcan alrededor de la Conservación, Restauración y/o Producción.
- ❖ Los procesos de zonificación 1 y 2 pueden ser usados para hacer consultas de atributos o análisis estadístico con los elementos de sistemas productivos agropecuarios, conflicto de uso del suelo y variables ambientales del POMCA

7. BIBLIOGRAFÍA

- BID. (2019). *Intervenciones y Tecnologías Ambientalmente Racionales TAR para la Adaptación al Cambio Climático del Sector Agropecuario de América Latina y el Caribe*. BID.
- C. Ramirez Lara, J. B. (2020). Metodologías de Zonificación para Áreas de Desarrollo Agroambiental en los Departamentos de Caquetá, Guaviare y Meta a Escala 1:25.000. *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI*, 78.
- Calle, Z., & Murgueitio, E. (2020). *ARBOLES NATIVOS PARA PREDIOS GANADEROS Especies Focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. Cali Colombia: Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV.
- CAR - POMCA. (10 de noviembre de 2014). *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. Obtenido de Actualización y Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del Rioseco y otros directos al Magdalena (2014): <https://www.car.gov.co/vercontenido/91>
- CAR. (2006). *Experiencias y Resultados en el Control de la Erosión en el territorio CAR*. Bogotá: Oficina de Comunicaciones - CAR.
- CAR. (2013). *Sistemas Silvícolas en el Territorio CAR Experiencias y propuestas para la adaptación al cambio climático en la producción agropecuaria*. Bogotá: Comunicaciones CAR.
- CAR. (2019). *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. Obtenido de ArcGis Online ESRI: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=355dfb4ea7fe45588a530932e4680897&view=list&sortOrder=desc&sortField=defaultFSOrder>
- CAR-UNAL. (2004). Plan de Ordenación y manejo de la cuenca del Río Garagoa, Corpochivor - Corpoboyaca - CAR, Universidad Nacional de Colombia UNAL. 21.
- CIAT. (2018). *PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA Y RENDIMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO MEDIDO A TRAVÉS DE LOS*. CIAT - CRECE, Cali.
- CRQ, CVC, CARDER. (2018). *Estudio de las variables climatológicas en la Cuenca del Río La Vieja en la Jurisdicción de las Corporaciones CRQ, CVC, CARDER*. Valle del Cauca, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente.

- DNP. (junio de 2018). Estudios sobre Bioeconomía Como Fuente de Nuevas Industrias Basadas en el Capital Natural de Colombia Fase II. En D. F. Villanueva-Mejía, *Anexo 1 Analisis Sector Agrícola y Pecuario* (pág. 49). Medellín: Departamento Nacional de Planeación.
- Enrique Kolmans, D. V. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica Una Introducción a los Principios Basicos y su Aplicación*. La Habana Cuba: Grupo de Agricultura Orgánica de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).
- FAO. (1996). *Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria*. Roma, Italia.
Recuperado el Septiembre de 2021, de
<http://www.fao.org/3/w3613s/w3613s00.htm>
- FAO. (2007). *Tecnologías y Metodologías Validadas para Mejorar la Seguridad Alimentaria en la Zona de Actuación del Programa PESA en Honduras Manual Practico para el Diseño de Sistemas de Minirriego*. Honduras: FAO.
- IDEAM - UDCA. (2015). *Síntesis del Estudio Nacional de la Degradación de Suelos por Erosión en Colombia*. Bogotá.
- IGAC. (2013). *Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE* . Obtenido de
<http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ea49a7a6-571a-404b-b7bf-09280d26e308>
- J. Restrepo Rivera, J. H. (2009). *Manual Práctico de Agricultura orgánica y Panes de Piedra*. Cali, Colombia: Impresora Feriva SA.
- M. Altieri, S. H. (2002). *AGROECOLOGIA Bases Científicas para una Agricultura Sustentable*. Nordad Comunidad.
- Portilla, E. P., & al, K. e. (2006). Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (*Coffea arabica* L.). . *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 556-562.
- Rodriguez, S. G. (2014). Determinación del Conflicto de Uso del Suelo para las Veredas Las Petacas y La Correo en el Municipio de Puerto Rondón dentro de la Cuenca del Rio Cravo Norte en el Departamento de Arauca. *Repositorio Universidad Militar Nueva Granada*, 47.